Dr. L. Wolffberg

# Ueber die Prüfung des Lichtsinns



Madame Thérèsa Otterbourg
ehrerbietigst
der Verf.
3. Febr. 1885.

C

ÜBER DIE

# PRÜFUNG DES LICHTSINNS.

EINE PHYSIOLOGISCH-KLINISCHE STUDIE.

---

VON

**Dr. LOUIS WOLFFBERG,**
ASSISTENT AN DER UNIVERSITÄTS-AUGENKLINIK ZU ERLANGEN.

---

Separat-Abdruck aus v. Graefe's Archiv für Opthalmologie. XXXI. I.

---

Hierzu Tafel I—V.

---

BERLIN,
VERLAG VON HERMANN PETERS,
MOHREN-STRASSE 28.

# Ueber die Prüfung des Lichtsinns.

Eine physiologisch-klinische Studie.

Von

Dr. Louis Wolffberg,

Assistent an der Universitäts-Augenklinik zu Erlangen.

Hierzu Tafel I—V.

---

Mit dem Worte „Lichtsinn" wird entsprechend der von Aubert (Graefe-Sämisch II. p. 483, 1876) gegebenen Definition die Empfindlichkeit des Sehorgans für minimale objective Reizgrössen und für minimale Unterschiede objectiver Reizgrössen bezeichnet.

In seiner „Physiologie der Netzhaut" (Breslau 1865, p. 23) bezeichnet Aubert als „Lichtsinn" die Fähigkeit, Intensitäten des Lichts zu empfinden und unterscheidet diesen Theil der Lichtempfindung von der Fähigkeit, die Farben des Lichtes zu empfinden oder dem Farbensinne. „Mit dem Worte „Lichtsinn" soll dadurch eine bestimmte Beziehung unserer Lichtempfindung abgegrenzt werden." Durch die Gegenüberstellung von Lichtsinn und Farbensinn verliert die Definition an Schärfe. Funke - Grünhagen (II, 351. Lehrbuch der Physiologie, Leipzig 1879) wendet mit gutem Recht dagegen ein, dass zwischen Farbe und Licht kein begrifflicher Gegensatz existire, sondern Farbe immer nur eine

besondere Art von Licht bedeute, und schlägt das Wort „Helligkeitssinn" vor. Diese Wortbildung hat gute physiologische Berechtigung insofern, als man den Helligkeitssinn dem Farbensinne coordinirt und dadurch zugleich die Existenz isolirter cerebraler Centren bezeichnet, in denen einerseits reine Helligkeitsempfindung, andererseits reine Farbenempfindung zu Stande kommt. Die Fähigkeit, „Lichtintensitäten zu empfinden", wird jedoch durch das Wort „Helligkeitssinn" nicht treffender charakterisirt als durch das Wort „Lichtsinn". Der Fehler liegt bei beiden in der exclusiven Gegenüberstellung des Farbensinnes, während doch Helligkeitssinn und Farbensinn von dem einen Worte „Lichtsinn" umfasst werden. Aubert (1865, p. 23) sucht diese Exclusion zu motiviren, indem er sagt: „Hier untersuchen wir nur die durch farbloses weisses Licht hervorgebrachten Empfindungen." Aber besteht denn physikalisch ein Gegensatz zwischen farblosem weissem und farbigem Licht oder physiologisch ein Gegensatz zwischen der Empfindung des Farblosen, d. h. der reinen Helligkeit und der Empfindung einer beliebigen Farbe? Oder giebt es für das farblose Licht physikalisch noch andere Charakteristica als Amplitude und Wellenlänge? Und sind es nicht Aubert's eigene Worte (Graefe-Sämisch II. 518), dass wir nur Farbenempfindungen haben, denen die Empfindung farbloser Helligkeit beigemengt sei? Wenn wir uns mit der Fähigkeit des Sehorgans beschäftigen, Intensitäten des Lichts zu empfinden, so dürfen wir den Farbensinn um so weniger excludiren, als mit den meisten Lichtintensitäten, die unser Auge treffen, die Empfindung der Farbe innig verbunden ist und die Empfindung des Farblosen nur unter ganz besonderen seltenen Verhältnissen auftritt. Was ist also natürlicher, als „Helligkeitssinn und Farbensinn" in das eine Wort „Lichtsinn" einzuschliessen, — und wenn wir mit Aubert (1876) das Wort „Lichtsinn" anwenden für die Empfindlichkeit des Sehorgans gegen minimale objective Reizgrössen und gegen minimale Unterschiede objectiver Reizgrössen, so soll diese Definition selbstverständlich nicht nur jene seltenen Reizgrössen umfassen, welche die Empfindung farbloser Helligkeit hervorrufen, sondern ebenso sehr soll sie Geltung haben für die Reizgrössen, welche ausser der Helligkeitsempfindung die Farbenempfindung hervorrufen.

Will man den Lichtsinn eines Auges prüfen, so hat man festzustellen:

1. Den minimalsten noch wahrnehmbaren objectiven Lichtreiz (Fechner's Reizschwelle);
2. den minimalsten noch wahrnehmbaren Unterschied objectiver Lichtreize (Fechner's Unterschiedsschwelle).

Die Reizschwelle selbst kann einer allgemeinen Prüfungsmethode nicht zu Grunde gelegt werden, weil die Bedingungen, die zur Herstellung des Probeobjects nothwendig sind, äusserst complicirt, wenn überhaupt erfüllbar sind. Dieser Mangel wird einigermassen durch die Bestimmung der Unterschiedsschwelle ausgeglichen; denn da es keine Unterschiedsconstante (Aubert contra Fechner: Physiol. d. Netzhaut, p. 63) giebt, so erfordert eine umfassende Lichtsinnprüfung die Feststellung der Unterschiedsschwelle bei möglichst allen Graden der Beleuchtung von der höchsten bis herab zur niedrigsten, wo sich Unterschiedsschwelle und Reizschwelle einander nähern

„Die Reizschwelle" — sagt Bjerrum (Graefe's Archiv f. Ophth. XXX. 2, p. 202) — „ist eigentlich auch eine Unterschiedsschwelle; die Reizschwelle ist ein Ausdruck der Verschiedenheit zwischen der Empfindung ohne objectiven Lichtreiz (Eigenlicht der Netzhaut) und der Empfindung bei einem eben wahrnehmbaren Lichtreiz." Aubert (Phys. der Netzh. 1865, p. 47) unterscheidet scharf die Reizschwelle von der Unterschiedsschwelle, indem er für erstere den zeitlichen, für letztere den räumlichen oder simultanen Contrast beansprucht: „denn wenn der Zustand einer Lichtempfindung zum Bewusstsein kommen soll, so muss er von einem vorhergehenden oder folgenden Zustande verschieden sein; ein Satz, welcher für alle Sinnesempfindungen gilt." Die Aubert'sche Definition bewahrt dem Worte „Reizschwelle" seinen berechtigten physiologischen Nimbus, während Bjerrum (l. c.) die Reizschwelle „eigentlich" und uneigentlich als Unterschiedsschwelle bei minimaler Beleuchtung den übrigen Unterschiedsschwellen bei

1*

höheren Beleuchtungsgraden anreiht. Auch Samelsohn (Annales d'oculistique, Tome XCII. Congrès international des sciences médicales p. 83) bedient sich der Bezeichnungen „Reizschwelle" und „Unterschiedsschwelle" in demselben Sinne wie Bjerrum; nur dass Bjerrum apodiktisch die Prüfung von U und R verlangt, während Samelsohn, obwohl er zugiebt, dass physiologisch U und R sich gegenseitig ergänzen, sich mit der Prüfung von U und zwar bei heller Tagesbeleuchtung begnügt. Daher stammen zum Theil seine den Förster'schen conträr gegenüberstehenden Resultate (cf. Samelsohn, Arch. f. Ophth. 1882. I, p. 92. Zur Anatomie und Nosologie der retrobulbären Neuritis). Auch Mauthner (Functionsprüfung des Auges, Wiesbaden 1879, p. 140) versteht fälschlich unter Lichtsinn die Fähigkeit, bei einer bestimmten Helligkeit bestimmte Lichtdifferenzen zu unterscheiden."

Den Intentionen Bjerrums ist im Ganzen wohl zuzustimmen, aber das Wort „Reizschwelle" sollte er nicht missbrauchen. Denn wenn auch Fechners Ansicht, dass die Reizschwelle für das Auge überhaupt unbestimmbar sei, durch Aubert widerlegt zu sein scheint, so genügt doch ein Blick in die mühevolle Versuchsanordnung Auberts, um darüber klar zu werden, dass die Ermittlung der Reizschwelle nicht in die klinischen Dunkelzimmer gehört. Das Ergebniss der Förster'schen Photometerprüfung lässt sich nie und nimmer für die Reizschwelle in Anspruch nehmen. Man schraube die Beleuchtung noch so mächtig herunter, die schwarzen Striche auf weissem Grunde oder der schwarze Grund um die weissen Striche reflectirt stets noch Licht, denn es giebt kein schwarzes Pigment, das sämmtliches Licht absorbirte. Die mühevollen Bestimmungen Fechners, Auberts, Ungers, Ole Bulls, Kolbes u. s. w. über das Verhältniss der Helligkeit schwarzer Pigmente zu weissen lassen sich nicht einfach ignoriren. Man darf es wohl ein für allemal behaupten, dass die „Reizschwelle" nur durch ein selbstleuchtendes Probeobject zu ermitteln ist. Lassen wir diesen terminus technicus lieber in seiner physiologischen Reinheit bestehen! Für die praktische Ophthalmologie kommen wir mit der Unterschiedsschwelle aus, wenn wir sie von möglichst niederen Beleuchtungsgraden an bis zu möglichst hohen hinauf prüfen. Schliesslich stellt sich Bjerrum bei Gelegenheit des von ihm sogenannten „totalen Lichtsinns" dennoch auf den rein physiologischen Standpunkt

und betont selbst den Gegensatz zwischen simultanem und successivem Lichtsinn; hier giebt er aber selbst die Unmöglichkeit der klinischen Reizschwellenbestimmung zu. Seine Ansicht, dass es lohnen würde, den totalen Lichtsinn bei verschiedenen Augenkrankheiten zu prüfen, kann ich nicht theilen. Das Ideal der Lichtsinnprüfung ist, möglichst über jeden Punkt der Netzhaut Auskunft zu erhalten, denn Stäbchen und Zapfen sind Einzelindividuen, deren jedes einzeln gewürdigt sein will. Bei einer Prüfung der Gesammtleistung könnten die wichtigsten Zapfen fehlen, ohne dass ein abnormes Resultat die Folge wäre. Im Kleinen wird dies durch das Förster'sche Photometer verdeutlicht. Hier wird zwar nicht das ganze Gesichtsfeld, sondern ein gewisses centrales Netzhautareal einschliesslich der Macula geprüft. Nun giebt es aber zahlreiche Fälle (ich verfüge über mehr als zehn), in denen die Macula von absolutem oder relativem Scotom mehr oder weniger vollständig eingenommen ist, während die Totalprüfung am F. Ph. normalen Lichtsinn ergiebt. Samelsohn (l. c. p. 90) wies bereits vor zwei Jahren mit grosser Präcision auf diese Verhältnisse hin, indem er sagt: „wenn die Functionsbeeinträchtigung auf einem oft so winzigen scharf abgeschnittenen Bezirke sich vollzieht, besitzen wir bei der Förster'schen Methode keine Garantie dafür, dass wir nicht den Lichtsinn in einer dem Scotome dicht benachbarten und völlig gesunden Netzhautpartie geprüft haben." — In seiner acad. Dissertation (Mich. Jahresbericht XIII. 232) sagt Bjerrum ganz richtig (bis auf „müsste" statt „muss"): „Die Reizschwellenprüfung muss perimetrisch für jeden Theil des Gesichtsfeldes ausgeführt werden." Dass ein kleineres Gesichtsfeld, wie Bjerrum bei einem Atrophiker ermittelte, weniger Totallichtsinn besitzt als ein grösseres, ist a priori selbstverständlich. Man vergleiche Aubert: Physiol. d. Netzhaut, p. 49: „die Helligkeit einer kleinen Fläche muss beträchtlich grösser sein, um eben wahrgenommen zu werden, als die Helligkeit des Gesammtgesichtsfeldes."

Die Unterschiedsschwelle lässt sich ausdrücken durch die Helligkeit eines gerade noch wahrnehmbaren Probeobjects, die Helligkeit dieses Probeobjects

1. durch die absolute Helligkeit der Beleuchtung (H);

2. durch den Helligkeitsunterschied von Object und Grund (Contrast);
3. durch den Gesichtswinkel (v);
4. durch den Adaptationszustand der Netzhaut (t).

Die Grösse der Unterschiedsschwelle ist danach durch den niedrigsten Werth bestimmt, der diesen vier Factoren gegeben werden darf. Zwischen denselben besteht eine derartige Wechselwirkung, dass die Grösse des einen die des andern mehr oder weniger beeinflusst, wie es Aubert (l. c., p. 88) durch charakteristische Beispiele erläutert. Je kleiner irgend einer der Factoren — die Adaptation, durch die Adaptationszeit messbar, bleibe vorläufig ausser Betracht —, um so grösser müssen die anderen sein:

a) Je geringer die Beleuchtung, um so grösser muss der Contrast oder bei constantem Contrast der Gesichtswinkel sein;
b) je geringer der Contrast, um so grösser muss die Beleuchtung oder bei constanter Beleuchtung der Gesichtswinkel sein;
c) je kleiner der Gesichtswinkel (von gewissen Grenzen an), um so grösser muss der Contrast oder bei constantem Contrast die Beleuchtung sein.

Danach lässt sich die Unterschiedsschwelle auf 3 (resp. 6 Arten) wiedergeben.

ad a) bei gegebener Beleuchtung durch den kleinsten Gesichtswinkel resp. geringsten Contrast, den ein Object besitzen muss, um wahrnehmbar zu sein;
ad b) bei gegebenem Contrast durch die geringste Beleuchtung resp. durch die kleinsten Gesichtswinkel;
ad c) bei gegebenem Gesichtswinkel durch den geringsten Contrast resp. durch die geringste Beleuchtung.

Wenn es sich nur darum handelte, irgend eine beliebige Unterschiedsschwelle zu ermitteln, so könnte jede der drei theoretisch entwickelten Methoden genügen; keine derselben macht aber in Wirklichkeit eine umfassende Lichtsinnprüfung aus; denn die Aufgabe einer solchen ist, nicht eine, sondern alle, oder doch möglichst viele Unterschiedsschwellen zu ermitteln. Zu diesem Zwecke ist allein die ad a) gegebene Methode verwerthbar, nur muss die gegebene Beleuchtung, für welche der kleinste Gesichtswinkel resp. geringste Contrast ermittelt werden soll, als variable Grösse behandelt und, soweit die Technik es erlaubt, für möglichst viele Grade der Beleuchtung Gesichtswinkel resp. Contrast festgestellt werden.

Die bisher üblichen Methoden der Lichtsinnprüfung beschränken sich darauf, eine Unterschiedsschwelle zu ermitteln und zwar giebt es da zwei Gruppen:

1. = a) gegeben ist die Beleuchtung: die Unterschiedsschwelle wird ausgedrückt durch den geringsten Contrast und den kleinsten Gesichtswinkel.

Hierhin gehört: das Förster'sche Photometer, das Aubert-sche Dunkelzimmerdiaphragma, das Hippel'sche und Weber'sche Photometer und Schnabels Rauchglasphotometer.

2. = b) Gegeben ist der Contrast: die Unterschiedsschwelle wird ausgedrückt durch die geringste Beleuchtung und den kleinsten Gesichtswinkel.

Hierhin gehört: die Masson'sche Scheibe, die Pflüger-schen Scheiben, die Ole Bull'schen Tafeln.

Der wesentliche Unterschied beider Gruppen ist nur dieser: Während Gruppe a die Unterschiedsschwelle bei möglichst geringer Beleuchtung ermittelt, ermittelt sie Gruppe b bei heller Tagesbeleuchtung. Will man, wie Bjerrum, eklektisch verfahren, so combinirt man natürlich beide Methoden: dann verfügt man wenigstens über zwei extreme Unterschiedsschwellen, deren eine Bjerrum bekanntlich Reizschwelle nennt. Ob dies für klinische Zwecke genügt, ist eine andere Frage. Jede Kenntniss pathologischer Zustände ist ausgegangen von der Kenntniss der entsprechenden physiologischen: so sollte man denn auch nicht an die Prüfung des pathologischen Licht-

sinnes gehen, bevor man den physiologischen prüfen gelernt. —

Eine umfassende Lichtsinnprüfung, d. h. die Ermittelung der Unterschiedsschwelle bei möglichst vielen Beleuchtungsgraden, setzt voraus:

1. Constante Helligkeit der absoluten Beleuchtung und eine Vorkehrung zur numerischen Variation derselben.
2. Constanten Contrast; eventuell eine Vorkehrung zur numerischen Variation desselben.
3. Constanten Gesichtswinkel; eventuell eine Vorkehrung zur numerischen Variation desselben.

Hat man für irgend eine Beleuchtung den erforderlichen Contrast und Gesichtswinkel ermittelt, so bleibt es für jeden andern Beleuchtungsgrad dem Belieben des Experimentators überlassen, ob er den Contrast allein oder den Gesichtswinkel allein mit der Beleuchtung ändern will. Ein Object, das bei Tagesbeleuchtung gerade noch sichtbar war, kann bei Abendbeleuchtung sichtbar gemacht werden entweder durch Vermehrung des Contrasts oder ohne dies durch Vergrösserung des Gesichtswinkels.

Gesichtswinkel und Contrast auf ein Minimum zu reduciren und constant zu erhalten, macht keine besonderen Schwierigkeiten. Die Leuchtquelle erfordert ausführliche Besprechung.

## Constante Beleuchtung.

Zur Auswahl bieten sich die diffuse Tagesbeleuchtung und eine grosse Menge mehr oder weniger schwer zu beschaffender künstlicher Leuchtquellen. Die Constanz resp. Inconstanz derselben zu ermitteln, giebt es zwei Wege. Entweder messen wir den Lichteffect objectiv auf physikalischem Wege (photochemische und thermische Reactionen), — oder wir messen ihn subjectiv, indem wir von der Empfindlichkeit des Auges

selbst den Massstab hernehmen. Der letztere Weg ist für unsere Zwecke der richtigere; denn bei dem noch nicht völlig aufgeklärten Zusammenhang zwischen Lichtwelle und Netzhaut würde die photochemische und thermische Constanz einer Leuchtquelle uns weniger Sicherheit bieten als die am Auge selbst festgestellte Constanz. Betrachten wir in dieser Hinsicht

das diffuse Tageslicht.

Ohne feinere Proben wissen wir von vorneherein, dass bei dunkelbewölktem Himmel das Tageslicht ein anderes ist als bei wolkenlosem, dass es mit dem Stande der Sonne während der einzelnen Tagesstunden und während der verschiedenen Jahreszeiten schwankt. Wie es aber einen grossen Unterschied macht, ob eine gewisse Tagesbeleuchtung photochemisch soll verwerthet werden oder thermisch — denn sie kann gleichzeitig nach der einen Richtung hin constant sein, nach der anderen schwanken — so ist es auch ein bedeutender Unterschied, ob die Tagesbeleuchtung dem Lichtsinn, Farbensinn oder Raumsinn dienen soll. Bei unseren Prüfungen der Sehschärfe haben wir selten über die Schwankungen der Tagesbeleuchtung zu klagen, um so mehr bei den Lichtsinnprüfungen.

Ole Bull (Arch. f. Ophth. XXVII. 1 (1881) p. 107) überzeugte sich, dass „scheinbar ganz unbedeutende Veränderungen in der Beleuchtung, wie z. B. eine leichte Bewölkung, der verstärkte Reflex eines naheliegenden Hauses u. s. w. ausreichend waren, um Disharmonie hervorzurufen.“ Aubert (Phys. d. Netzhaut p. 76) fand bei seinen Lichtsinnstudien an der Masson'schen Scheibe, „dass das diffuse Tageslicht sehr verschiedene Helligkeit an verschiedenen Tagen hat.“ Kolbe (Arch. f. Ophth. XXX. II. p. 4. „Zur Analyse der Pigmentfarben"), welcher nächst Ole Bull die Schwankungen der Tagesbeleuchtung am genauesten studirt zu haben scheint, fand, dass es durchaus nicht gleichgiltig sei, „ob wir als Normalbeleuchtung diffuses Tageslicht bei klarem oder gleichmässig bewölktem Himmel

annehmen, denn das vom unbewölkten Himmel reflectirte Licht erscheint im Vergleich mit letzterem etwas grünlich blau. Bohn (von Kolbe citirt l. c. p. 4) meint: „es wird selten vorkommen, dass Messungen bei blauem Himmel, die zwei Stunden später wiederholt werden, noch annähernd gleiches Helligkeits- und Farbenverhältniss liefern." Das vom wolkenlosen Himmel reflectirte diffuse Licht ist verschieden je nach der Stellung welche das Fenster des Beobachtungsraumes zur Sonne hat (Kolbe l. c. p. 56).

Das Tageslicht ist niemals von theoretisch idealer Constanz, ob nun seine „chromatische Valenz" (Kolbe) oder seine Helligkeitsvalenz in Betracht kommt. Für genauere physiologische Untersuchungen hat man deshalb auf Mittel gesonnen, aus der schwankenden Tagesbeleuchtung gewisse constante Beleuchtungen herauszugreifen und diese allein zu verwerthen.

So stellte Ole Bull Mischungsversuche nur dann an, wenn sein Roth - Blaugrün ein neutrales Grau ergab; da er aus Erfahrung wusste, dass die geringste Schwankung der chromatischen Valenz die Neutralisation hindere, so war dies eine treffliche Methode, über die Schwankungen der Beleuchtung hinfort zu kommen. Auch in den Untersuchungs-Methoden der praktischen Ophthalmologie macht sich überall das Bestreben geltend, dem Tageslicht Constanz abzugewinnen. So fordert Pflüger (Heidelberger Sitzungsberichte 1883, p. 185) für die Lichtsinnprüfung an seinen Scheiben eine Beleuchtung, die dem normalen Lichtsinn gestattet, einen Sector von $6^0$ noch gerade zu differenziren. Ist die Helligkeit im Untersuchungsraum zu gross, so wird sie durch Rouleaux herabgesetzt, bis die Vorbedingung erfüllt ist. Weber (Heidelberger Sitzungsber. 1878, 130) betont, dass die numerische Prüfung des Farbensinns an seiner Farbentafel stets bei derselben Beleuchtung vorgenommen werden müsse. Aber die Methode, nach welcher er die Beleuchtung regulirt, ist insofern fehlerhaft, als er die chromatische Valenz des Lichtes durch die Sehschärfe controllirt. Seine Tafel ist nemlich berechnet für einen Beleuchtungsgrad, der $^2/_3$ höher ist als das Minimum, bei dem eben noch $S = 1$.

Soll die Tagesbeleuchtung zu physiologischen Lichtsinnprüfungen dienen, so ist die sicherste Controlle ihrer Constanz durch ein Probeobject gegeben, dessen Wahrnehmung am innigsten von der Beleuchtung abhängig ist. Wenn an den ausgesucht hellsten Tagen bei diffusem Lichte des leicht bewölkten Himmels die empirisch besten Augen (c V = $^6/_3$—$^6/_2$) ein weisses Object von 0,2 Mm. Durchmesser auf schwarzem Sammetgrunde in 5 Meter Entfernung bei Abhaltung allen diffusen seitlichen Lichtes gerade noch wahrzunehmen vermögen — wie mich zahlreiche Untersuchungen intelligenter Individuen belehrten — so ist man berechtigt, diejenige Tagesbeleuchtung, welche dasselbe Probeobject unter denselben Verhältnissen wiederum wahrnehmbar macht bezüglich ihrer Helligkeitsvalenz als constante Grösse anzusehen.

Die Grösse des zugehörigen Netzhautbildes beträgt dann für das reducirte Auge 0,0006 Mm. Der Durchmesser eines Zapfens an der Stelle des directen Sehens ist nach den genauesten Messungen gleich 0,0045 Mm.; daraus geht hervor, dass Objecte bei heller Tagesbeleuchtung noch wahrgenommen werden, deren Netzhautbild noch nicht einmal den siebenten Theil eines Zapfendurchmessers deckt. Es kommt eben für die Wahrnehmung eines Lichteindrucks auf die Grösse des Netzhautbildes gar nicht an, sondern nur auf die Lichtstärke. Deckt ein Netzhautbild gerade einen Zapfen, so ist der zugehörige Gesichtswinkel kein Ausdruck für die Helligkeit der Beleuchtung, denn es giebt verschiedene Helligkeiten der Tagesbeleuchtung, welche gestatten, ein solches Object wahrzunehmen; deckt das Netzhautbild aber kaum den siebenten Theil eines Zapfens, so ist der zugehörige Gesichtswinkel ein strenger Ausdruck für die Helligkeit der Beleuchtung, denn es giebt — erfahrungsgemäss von mir festgestellt — nur eine bestimmte Tagesbeleuchtung, bei welcher es möglich ist, ein solches Object wahrzunehmen. Hierbei ist freilich vorausgesetzt, dass die Lichtempfindlichkeit des Auges, nach welchem die Helligkeit der Beleuchtung gemessen wird, keinen individuellen temporären Schwankungen unterworfen ist. Man darf eben aus der Nichtwahrnehmbarkeit des Objects nicht den Schluss ziehen,

dass die Beleuchtung nun nicht die gewünschte constante sei, — das bleibt vor der Hand dann ungewiss. Aber die Wahrnehmbarkeit des Probeobjects garantirt die Constanz. — Aubert (l. c. p. 85) sagt: „Wenn wir uns von einem Objecte entfernen, so sind wir in der glücklichen Lage, dadurch nur die Grösse, dagegen nichts in der Helligkeit unseres Retinabildes von dem Objecte zu ändern.“ Dieser Satz würde meine eben gegebene Auseinandersetzung Lügen strafen, wenn nicht Aubert selbst die Ansicht Herschels und Aragos beifügte, nach denen das citirte Gesetz nur „von Objecten mit einem merkbaren Durchmesser, d. h. von Flächen, dagegen nicht von Punkten gilt.“

In ähnlicher Weise wie für die Helligkeitsvalenz ermittelte ich eine constante Intensität der chromatischen Valenz des Tageslichtes durch Feststellung der kleinsten farbigen Objecte, die in 5 Meter Entfernung unter denselben Verhältnissen wie das weisse Object von denselben übernormalsichtigen Augen in ihrer Farbe richtig erkannt wurden. Zwar hängt die Farbenwahrnehmung wie jede Gesichtswahrnehmung zunächst von der Helligkeitsvalenz der Beleuchtung ab; aber wegen des besonderen Lichtabsorptionsvermögens der Pigmente tritt hier der wechselnde Gehalt der Beleuchtung an homogenem Lichte, d. h. ihre chromatische Valenz, besonders in Kraft. Da es nicht leicht angeht, aus dem Tageslicht die homogenen Lichter zu isoliren, so suchte ich statt dessen nach Pigmenten, welche aus der Tagesbeleuchtung möglichst alles Licht bis auf eine bestimmte Sorte homogenen Lichts absorbirten.

Wenn ein Pigment die physikalische Eigenschaft besitzt, aus dem Gemenge auffallenden Tageslichts den grössten Theil der rothen und gelben Strahlen zu absorbiren, im Tageslicht also blaugrün erscheint, — so erscheint dasselbe Pigment unter anderer Beleuchtung je nach dem zufälligen Vorwiegen der blauen oder grünen Lichtwellen bald mehr blau, bald mehr grün; — und falls es die gelben und rothen Strahlen völlig absorbirt, so erscheint es bei reinem rothgelben Lichte schwarz.

Setze ich ein Stück von Marx'schem rothen Tuch (siehe unten) der Tagesbeleuchtung aus, so besitzt es eine prachtvoll rothe Farbe, während es bei gewisser Abendbeleuchtung, welche blaue und gelbe Objecte noch erkennen lässt, absolut schwarzem Sammet gleicht.

Bezüglich der Pigmente hatte ich die Wahl zwischen den Heidelberger Blumenpapieren und gefärbten Tuchen.

Erstere boten den äusserlichen Vortheil, dass sie von Ehrhardt und Metzger in Darmstadt, der Firma, welche den Weber'schen Apparat zur numerischen Prüfung des Farbensinnes liefert, in gut ausgestochenen Scheibchen von $\frac{1}{2}$ Mm. Durchmesser an bis zu 20 Mm. hinauf, immer um $\frac{1}{2}$ Mm. Durchmesser wachsend, zu beziehen waren. Tuche wurden mir von der Fabrik J. Marx in Lambrecht in der Pfalz mit dankenswerther Bereitwilligkeit in grosser Auswahl gratis zur Verfügung gestellt.

Um die Tuche und Papiere bezüglich ihres Absorptionsvermögens objectiv mit einander vergleichen zu können, bestimmte ich die Spectra derselben und verglich sie mit dem Spectrum von Weiss.

Helmholtz empfahl zu solchem Zwecke die directe Betrachtung durch ein Prisma. Aubert untersuchte so seine farbigen Papiere, als er die „Physiologie der Netzhaut" schrieb. Dasselbe Flintglasprisma, dessen Helmholtz sich einst bedient, benutzte ich vor 4 Jahren als Schüler von Professor Jacobson in Königsberg mit gütiger Erlaubniss des Herrn Professor von Wittich, in dessen Laboratorium es sich noch befindet. Ich bestimmte damals die Spectra der von mir zu Massenuntersuchungen in den Volksschulen benutzten farbigen Wollen. Für die vergleichende Untersuchung der Heidelberger Blumenpapiere und der Marx'schen Tuche zog ich diesmal den Spectralapparat vor, weil das Hantiren mit dem Prisma ermüdend wirkt und die Genauigkeit des Resultats mir dadurch zu leiden schien. Um in den Besitz einer möglichst tadellosen Methode zu gelangen, wandte ich mich im Wintersemester 1883 an Herrn Professor Lommel hierselbst, dem ich für Rath und

Unterstützung zu Danke verpflichtet bin. Nachdem ich einige Versuche im physicalischeu Institut des Herrn Prof. Lommel gemacht, richtete ich mir mein eigenes spectroskopisches Observatorium in einem nach Süden gelegenen Zimmer der Augenklinik ein. Da die Pigmente bestimmt waren, die chromat. Valenz des Tageslichts zu messen, so musste auch bei diesem ihr Spectrum betrachtet werden. Das Zimmer wurde demgemäss so weit verdunkelt, dass nur eine halbe Fensterscheibe noch Licht gab und die Untersuchung stets dann vorgenommen, wenn leicht bewölkter Himmel war, ohne dass directes Sonnenlicht ins Zimmer fiel. In einigen Fuss Entfernung von der freien Fensterscheibe, ihr gegenüber, stand eine grosse geschwärzte Tafel auf einem Tisch und auf diesem, zwischen Tafel und Fenster, das von Dörffel in Berlin bezogene Spectroskop und zwar so, dass dasselbe Tageslicht, welches die auf der Tafel befestigten Pigmente beleuchtete, auch die Scala des Spectroskops über dem Spectrum der Pigmente deutlich sehen liess. So konnte der störende Einfluss einer besonderen Scalabeleuchtung vermieden werden. Die Tuche und Papiere wurden in schmale Streifen von etwa 15 Mm. Länge und 3 Mm. Breite geschnitten und auf weissem Visitenkartencarton so befestigt, dass ein gleich breiter weisser Streifen überstand. Es erschien dann gleichzeitig übereinander das Spectrum des weissen Cartons, des betreffenden Tuchs und Papiers. Beim Ablesen der Scala liess ich mich, so oft es anging, von Collegen controlliren. Ausser der directen Vergleichung von je 2 Pigmenten mit Weiss in einem Spectralbilde wurde auch die Beobachtnng an einzelnen Pigmenten vorgenommen. Dass mein eigener Farbensinn geübt und dennoch unbefangen genug war, scheint mir aus Folgendem hervorzugehen: Die Scala des genannten Spectroskops ist in 32 Theile getheilt, weicht also von der Bunsen'schen Scala ab; ich notirte nun das Spectrum von Weiss, indem ich für jeden der 32 Theilstriche meiner Scala möglichst genau die entsprechenden Farbentöne in Worten ausdrückte. Herr Professor Lommel hatte dann, nach Beendigung aller Versuche, die Güte, eine Tabelle anzufertigen, welche den directen Vergleich mit der Bunsen'schen Scala ermöglicht und zugleich die Lage der Frauenhofer'schen Linien im Dörffel'schen Spectroskop angiebt. Es ergab sich, dass die von mir aufnotirten Farbentöne bezüglich ihrer Lage zu den Frauenhofer'schen Linien

genau übereinstimmte mit den von Helmholtz in der „Physiologischen Optik" angegebenen. Es fällt auf Tafel I deshalb die „Benennung der Spectralfarben nach Helmholtz" zusammen mit den von mir für Weiss gefundenen Grössen. Darunter stehen durch schwarz ausgezogene und punktirte Linien angegeben die für die Heidelberger Papiere und Marxschen Tuche gefundenen Werthe. Die punktirten Linien bedeuten, dass die Intensität der entsprechenden Spectralfarbe entschieden geringer war, als die durch ausgezogene Linien bezeichneten.

Kolbes höchst verdienstvolle Arbeit „Zur Analyse der Pigmentfarben" (Arch. f. Ophth. XXX. 2, p. 1—68) war noch nicht erschienen, als ich die geschilderten Versuche anstellte. Der Genauigkeit seiner Versuchsanordnung gegenüber, mit welcher er 63 verschiedene Pigmente einer quantitativen und qualitativen spectroskopischen Analyse unterzog, schrumpft der absolute Werth meiner Resultate bedenklich ein. Ich tröste mich mit dem Bewusstsein, den Fortschritt wenigstens angestrebt zu haben, und dass meine Methode ihren Zweck immerhin doch erfüllte. Denn „wenn ein Pigment (Kolbe l. c. p. 13) um so brauchbarer für physiologische Untersuchungen ist, je mehr die dem Gesammtfarbentone entsprechenden homogenen Componenten prävaliren", so reichte meine Methode sicher aus, um zu entscheiden, ob die Tuche oder die Papiere bessere „prävalente Farben" (Kolbe) wären. Dies ist aus folgender

Erläuterung zu Tafel I

leicht zu ersehen.

a) Heidelberger Dunkelroth (Roth des Weber'schen Apparats), ungefähr von B—C kräftig, schwach bis in die Nähe von D;

a[1]) Marx'sches Tuchroth (No. 45 292) von a bis in die Mitte zwischen C und D kräftig, schwach bis hinter D.

Vergleich: Das rothe Papier enthält sehr wenig reines Roth; das rothe Tuch enthält fast das ganze spectrale Roth. Dagegen ist dem rothen Papier nur wenig schwach sichtbares Gelb, dem rothen Tuch das ganze spectrale Gelb und etwas Grüngelb, aber äusserst schwach, beigemengt.

---

b) Heidelberger Ultramarinblau, kräftig von der Mitte zwischen $b_2$ und F bis ebenso weit hinter F; von E an schwach in den kräftigen Theil allmälig übergehend; ausserdem schwach zwischen C und D.

$b^1$) Marx'sches Alkaliblau (No. 48 682), kräftig von kurz vor F bis in die Nähe von G.

Vergleich: Das blaue Papier enthält die Hälfte des spectralen Grünblau und fast das ganze Wasserblau; daneben schwach die andere Hälfte Grünblau, Grün und etwas Orange. Das blaue Tuch enthält nur kräftige Töne und zwar etwas Grünblau, das ganze Wasserblau und den grössten Theil von Indigoblau.

---

c) Heidelberger Grün reicht kräftig von der Mitte zwischen C und D bis kurz hinter $b_2$.

$c^1$) Marx'sches Hellgrün (No. 45 707b) von kurz hinter D bis F.

Vergleich: Das grüne Papier enthält die zweite Hälfte des Orange, das ganze Gelb, Grüngelb, Grün und einen kleinen Theil Grünblau. Das grüne Tuch enthält kein Orange und nur wenig reines Gelb, aber das ganze Grünblau, ein Drittel desselben jedoch nur schwach.

---

d) Heidelberger Gelb reicht kräftig von kurz hinter B bis $b^1$.

$d^1$) Marx'sches Gelb (No. 47 933), kräftig von der Mitte zwischen A und B bis kurz vor D; schwach bis kurz vor E.

Vergleich: Das gelbe Papier enthält wenig Roth, das ganze Orange, Gelb, Grüngelb, Grün. Das gelbe Tuch mehr als die Hälfte des spectralen Roth und zwei Drittel des Orange; daneben schwächer das übrige Orange, Gelb und zwei Drittel des Grüngelb.

---

Dieselbe Tabelle ermöglicht schliesslich einen Vergleich der von Aubert benutzten Papiere bezüglich ihres Gehalts an homogenen Farben mit den Heidelberger Papieren und den Marx'schen Tuchen.

Idealen Anforderungen an spectroskopische Reinheit genügte kein Papier und kein Tuch. Fast ideal rein

erwies sich das Marx'sche Blau, wenig mit Gelb gemengt das Marx'sche Roth, während bei den grünen und gelben Pigmenten die Wahl zwischen Tuch und Papier schwanken konnte. Die entschiedene Glanzlosigkeit und Dauerhaftigkeit gaben den Ausschlag für die Tuche.

Zur Messung der chromatischen Valenz des Tageslichts genügten die Tuche vom rein theoretischen Standpunkt aus betrachtet demnach nicht, allenfalls das rothe und blaue Tuch für die rothen und blauen Strahlen. Jedoch zeigte die praktische Anwendung, dass die durch Unreinheit der Farben bedingten Fehler theils unerheblich, theils ausschaltbar waren. Es ergab sich aus Untersuchungen von Augen mit $^6/_3$—$^6/_2$ Sehschärfe, dass bei einer Tagesbeleuchtung von constanter Helligkeitsvalenz und derselben Versuchsanordnung, wie sie zur Ermittelung der Helligkeitsvalenz getroffen worden, rothes Tuch bei 0,5 Mm. Durchmesser noch als roth, blaues bei 3 Mm. Durchmesser noch als blau erkannt werden konnte. In grösserer Entfernung wurde Roth zunächst gelblich, meistens verschwand es sofort dem Blick. Blau war in grösserer Entfernung selten grünlich, meist unsichtbar. Das grüne Tuch wurde bei 3 Mm. Durchmesser noch grün gesehen, in weiterer Entfernung als 5 Meter erschien es bläulich; gelbes Tuch wurde als gelb bei $1^1/_2$ Mm. Durchmesser noch erkannt; weisslich oder röthlich sah man es noch unter viel kleinerem Gesichtswinkel.

Im Allgemeinen lässt sich aufrecht erhalten, dass die chromatische Valenz des Tageslichts stets dieselbe ist, sobald sie gestattet, die genannten kleinsten Tuchobjecte in 5 Meter Entfernung auf schwarzem Grunde in der prävalenten Farbe zu erkennen.

Es liegt auf der Hand, dass diese Bestimmung der chromatischen Valenz des Tageslichts vice versa eine Bestimmung des Farbenwahrnehmungsvermögens und die Bestimmung der Helligkeitsvalenz eine solche

des Lichtsinns ist. Freilich ist es keine vollständige Lichtsinnprüfung, sondern nur die Bestimmung einer einzigen Unterschiedsschwelle (U).

Es ist oben bemerkt worden, dass die Unterschiedsschwellen Producte aus Beleuchtung, Contrast und Gesichtswinkel seien. Nennen wir erstere H, den Contrast C, den Gesichtswinkel v, so ist

$$U = H C v.$$

Bei dem Bestreben, aus dem Tageslichte eine constante Grösse von H herauszugreifen, wandten wir uns als Maassstab für die Helligkeit der Beleuchtung an den Lichtsinn des normalen Auges d. h. wir führten U als bekannte Constante ein. Da auch C, der Constrast der weissen Probeobjecte zum schwarzen Sammetgrunde, constant war, blieb uns noch die Bestimmung von v übrig. Das Experiment ergab, dass mit zunehmender Grösse von v die Helligkeit der Beleuchtung in immer weiteren Grenzen schwanken durfte; mit abnehmender Grösse von v zeigten sich Schwankungen von H von immer grösserem Einfluss auf die Sichtbarkeit des Probeobjects, bis schliesslich bei einem Gesichtswinkel von 8—9 ″ (0,2 mm Dm. in 5 Meter Entfernung) die geringste Schwankung von H das Probeobject bereits verschwinden liess. So war H von annähernd idealer Constanz, wenn v = 8—9″. Hatten wir einerseits H durch C, v, U ermittelt, so war andererseits nun U durch H, C und v gegeben, freilich nur für eine ganz bestimmte Grösse von H, während die umfassende Lichtsinnprüfung U bei allen Intensitäten von H zu ermitteln hat.

Immerhin genügte die Kenntniss einer einzigen Unterschiedsschwelle bei constanter Beleuchtung, um als Ausgangspunkt einer Prüfung sämmtlicher Unterschiedsschwellen zu dienen. Es erübrigte nur, einen Modus der numerischen Variation der Helligkeit der Tagesbeleuchtung zu finden und dann für jeden Grad der Beleuchtung in derselben Weise U zu ermitteln, wie es bei der hellsten constanten Tagesbeleuchtung geschehen.

Die Bestimmung des Farbenwahrnehmungsvermögens hat ihre ganz besonders wichtige Seite.

Qualitativ normalen Farbensinn vorausgesetzt, zeigt die Fähigkeit des Auges, Farben wahrzunehmen, sich denselben Einflüssen, wie der Lichtsinn, fast in gleicher Weise unterworfen, derart, dass eine numerische Prüfung des Farbensinns die des Lichtsinns ersetzen kann und umgekehrt.

Man hat sich durch die Terminologie einiger Autoren bestimmen lassen, der quantitativen Prüfung des Farbensinnes den Titel Prüfung der „Farbensehschärfe" (F. S. Cohn) beizulegen. Kramer (Inaug.-Dissert. „Ueber die Abhängigkeit der Farbenempfindung von dem Grade und der Art der Beleuchtung." Marburg 1882. p. 8), welcher die rein optische Bedeutung der quantitativen Farbensinnprüfung offenbar erkannt hat, sagt: „Der Begriff „Farbenempfindung" kann quantitativ und qualitativ genommen werden; quantitativ bedeutet er die Sehschärfe und qualitativ die Art der Perception farbiger Eindrücke." Obwohl die Ermittelungen Kramers und Cohns direct auf den innigen Zusammenhang zwischen Helligkeit der Beleuchtung und Farbenwahrnehmungsvermögen hinwiesen, obwohl Donders u. A. schon lange auf den Einfluss der Helligkeit aufmerksam gemacht, wurde immer wieder der Gesichtswinkel als das hervorragend Maassgebende hingestellt. In der Donders'schen Formel

$$K = \frac{1}{m^2} \cdot \frac{d^2}{D^2}$$

ist der Gesichtswinkel (m) gleichfalls der numerische Ausdruck für den Farbensinn, aber ein Zusatz (Arch. f. Ophth. XXIII. 4, p. 284 [1877]) bringt ihn in die nothwendige Abhängigkeit von der Beleuchtung, da Donders verlangt, dass die Grösse von m für das normale Auge jedesmal neu ermittelt werde.

Kramer (l. c. p. 31) sagt: „Die Hauptunterschiede in der Wahrnehmung farbiger Eindrücke werden bedingt durch die Art der Beleuchtung, weniger durch den Grad derselben." Freilich kann ein Pigment, das nur rothes Licht reflectirt, bei rein homogener gelber Beleuchtung nicht roth erscheinen; insofern ist die Art der Beleuchtung das Wesentliche, wie überhaupt für unsere sämmtlichen Gesichtswahrnehmungen die Gegenwart von Lichtwellen das Wesentliche ist. Ist dies

wesentliche Postulat aber einmal erfüllt, dann ist die Intensität der Beleuchtung immer noch etwas zweites sehr Wesentliches. Kolbe (l. c. p. 57) hat die Kramer'schen und Cohn'schen Untersuchungen keiner eingehenden Berücksichtigung für werth gehalten, weil er die photometrische und chromometrische Bestimmung der Lichtquellen bei ihnen vermisste. In der That konnte Kramer den Einfluss des Grades der Beleuchtung auf die Farbenwahrnehmung nur deshalb unterschätzen, weil er keinerlei Maassstab für den Grad des in seinen Lichtquellen enthaltenen homogenen Lichtes besass. Einen solchen Maassstab erhält man, wie ich oben bemerkt habe, wenn man entweder bei isolirtem homogenen Lichte an beliebig unreinen Pigmenten untersucht, oder bei beliebigem Lichtgemenge an spectroskopisch reinen Farben.

Dor (Echelle pour mesurer la vision chromatique. Lyon. 1878) und Weber (l. c.) berücksichtigen die Abhängigkeit der Farbenwahrnehmung von dem Grade der Beleuchtung am wenigsten. Nikitin (Inaug.-Dissert. 1879. St. Petersburg. „Zur Frage der quantitativen Bestimmung des Farbensinnes") prüfte die Tabelle Dor's und fand, dass die Gesichtswinkel für das normale Auge zu gross bemessen seien. Doch kommt auch N. zu keiner Prüfungsmethode des quantitativen Farbensinns, da „dieser zu grossen Verschiedenheiten unterworfen sei." Der Weber'sche Apparat, von Cohn Chromoptometer genannt, soll in ähnlicher Weise zur numerischen Prüfung des Farbensinns, wie die Snellen'schen Tafeln zur Prüfung der Sehschärfe, dienen, nur dass Weber eine Regulirung der Beleuchtung verlangt. In welcher Weise die an seinem Apparat gewonnenen Resultate verwerthet werden sollen, giebt W. nicht an. Welchen Nutzen hat aber eine Functionsprüfung, die keinen Rückschluss auf Sehapparat oder Sehorgan gestattet? Mir ist nicht ersichtlich, was mit der quantitativen Prüfung des Farbensinns durch den Gesichtswinkel erreicht werden soll. Wenn Jemand qualitativ normalen Farbensinn besitzt und quantitativ normalen Lichtsinn, so ist sein quantitativer Farbensinn sicher normal. Dies ist a priori richtig und kann jederzeit durch das Experiment bewiesen werden. Wollte Weber durch seinen Apparat Aufschlüsse über den Lichtsinn geben, so hätte er nicht den Gesichtswinkel als Einheit zu Grunde legen dürfen, — wollte er ihn für den Farbensinn als solchen, d. h. für die verschiedenen Grade von sogenannter

„Farbensinnschwäche" bis hinauf zur eigentlichen Farbenblindheit benutzt sehen, so war die Mühe deshalb vergeblich, weil Farbenblindheit ja viel schneller durch eine der zahlreichen Methoden der qualitativen Prüfung ermittelt wird und weil Farbensinnschwäche niemals anders vorkommt als combinirt mit Herabsetzung der Sehschärfe und des Lichtsinns. (cfr. Annales d'oculistique. Juillet-Aout-Septembre 1884. Congrès international des sciences médicales. p. 136. Discussion.)

Cohn (Centralbl. f. prakt. Augenheilkunde 1879. p. 103) benutzte den Weber'schen Apparat zur Untersuchung der „Farbensehschärfe" bei electrischem Lichte, aber, wie ich glaube, nur wegen der darin enthaltenen, sehr sauber ausgestochenen Pigmente und der sehr praktischen Vorrichtung, sie isolirt zu bieten.

Samelsohn (l. c. p. 96) constatirt durch musterhaft ausgeführte Functionsprüfungen bei Amblyopia centralis einerseits die deutliche Herabsetzung des Lichtsinns innerhalb des centralen Scotoms, andererseits die deutliche Herabsetzung des quantitativen Farbensinns innerhalb desselben, beide in Uebereinstimmung mit der Ausdehnung des Scotoms. „Welche correlaten Antheile hierbei die hier in Frage kommenden Factoren, Verminderung des Raum- und Lichtsinns, beanspruchen dürfen, hoffe ich, sagt Samelsohn (l. c. p. 97) an einem anderen Orte auf breiterer Grundlage erörtern zu können." Mir sind diese Erörterungen nicht zu Gesichte gekommen, wohl aber lese ich im „Programme définitiv" des Kopenhagener internationalen Congresses in Samelsohn's Referat folgende Stelle: „Der quantitative Farbensinn erscheint, wie Vortragender bereits anderen Orts gezeigt hat, in genauester numerischer Relation zum Lichtsinn." Meine hier folgenden vergleichenden Studien zwischen Lichtsinn und Farbensinn waren bereits ein halbes Jahr vor dem Kopenhagener Congresse beendet.

Ich schaffte nun für die Prüfung des Lichtsinns, der Farbenwahrnehmung und der Sehschärfe ein und dieselbe Versuchsanordnung, um die Abhängigkeit genannter Functionen von der Helligkeit der Beleuchtung einem directen Vergleich unterwerfen zu können.

Den Ausgangspunkt bildete die oben ermittelte Unterschiedsschwelle bei günstigster Tagesbeleuchtung, repräsentirt durch ein weisses Object von 0,2 Mm. Dm., ein rothes von ½ Mm., blaues von 3 Mm., grünes von 3 Mm. und gelbes von 1½ Mm. Dm. auf schwarzem Sammetgrunde in 5 Meter Entfernung.

Das gelbe Object wird zwar unter viel kleinerem Gesichtswinkel noch gesehen, aber dann nicht als Gelb, sondern meistens als Weiss, zuweilen als Roth, während das Grüne bläulich erscheint. Für das theoretische Raisonnement sind diese beiden Pigmente deshalb nicht verwerthbar. In praxi hat man nicht nöthig, dieselben deshalb zu verwerfen, weil es gut ist, eine grössere Auswahl von Pigmenten vorlegen zu können.

Um die Unterschiedsschwellen bei herabgesetzter Beleuchtung zu ermitteln, handelte es sich nun darum, einen

Modus der numerischen Variation der absoluten Helligkeit der Tagesbeleuchtung

zu finden. Zu diesem Zwecke wurden die Fenster des Untersuchungsraums völlig verdunkelt bis auf eines, vor welchem der Perimetertisch stand. Hier wurde ein geschwärzter auf Holzleisten gespannter Pappladen angebracht. In der Mitte desselben wurde ein rechteckiger Ausschnitt, die längere Seite horizontal, angelegt, so dass sowohl der Perimeterbogen, als auch die in 5 Meter Entfernung aufgehängte schwarze Sammettafel gleichmässig Licht erhielt.

Der Grund für die Berücksichtigung des Perimeters wird weiter unten angegeben werden. Der Ausschnitt muss ungefähr so hoch über dem Erdboden sich befinden, dass der Kopf des am Perimeter sitzenden Patienten den unteren Rand fast erreicht.

Vor dem Ausschnitt lassen sich über einen Rahmen ausgespannte Blätter des gewöhnlichen bläulich-weissen Seidenpapiers leicht verschieben.

Die photometrische Bestimmung des Seidenpapiers geschah folgendermassen:

Bei constanter absoluter Tagesbeleuchtung d. h. solcher, welche die oben genannten kleinsten Tuchobjecte in 5 Meter Entfernung zu erkennen gestattete, wurde zunächst bestimmt, um wie viel die einzelnen Pigmente an Grösse zunehmen müssten, damit sie bei Dämpfung der Beleuchtung durch ein Blatt Seidenpapier wieder erkannt werden könnten. Dasselbe wurde für 15 beliebig herausgegriffene Blätter derselben Seidenpapiersorte einzeln bestimmt und aus der Uebereinstimmung der nothwendigen Grössenzunahme der Objecte auf die Uebereinstimmung des photometrischen Werthes der Blätter geschlossen.

Im Förster'schen Photometer wird die Helligkeit der Probeobjecte (8 schwarze Striche auf weissem Grunde) durch ein Diaphragma variirt, dessen Einrichtung dem Leser genügend bekannt sein dürfte. Für genaue numerische Variation der Beleuchtung ist dieses Diaphragma nicht verwerthbar. Die Förster'schen Probeobjecte sollen vom normalen Lichtsinn wahrgenommen werden, wenn die Seite des Diaphragmaquadrats gleich 2 Mm. ist. L ist dann nach Förster gleich 1. Erkennt Jemand die Striche erst bei 10 Mm., so ist L = $^1/_{25}$, weil das Diaphragmaquadrat sich dann um das 25fache vergrössert hat. Dieser numerische Ausdruck wäre gerechtfertigt, wenn die Helligkeit der 8 schwarzen Striche proportional dem lichtdurchlassenden Papierquadrat zunähme. Doch sind einmal, wie schon Urbantschitsch („Ueber den Einfluss von Trigeminusreizen auf die Sinnesempfindungen etc." Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie. XXX. 161) bemerkt, die 8 Striche von vornherein ungleichmässig beleuchtet, weil die Leuchtquelle nicht der Mitte der Probeobjecte, sondern ungefähr dem letzten Strich rechts oben und unten gegenüberliegt; ferner ist die Abnahme der Beleuchtung auch unter anderen Umständen niemals proportional der Abnahme des Beleuchtungsquadrats. Denkt man sich das Papier aus demselben entfernt, so wirkt die Verkleinerung des Quadrats nur insofern auf die Beleuchtung der Probetafel, als die sich vor die Kerzenflamme schiebenden Ränder des Diaphragmas

Schatten auf die Probetafel werfen. Der Schatten rückt proportional der Verkleinerung des Diaphragmas gegen die Mitte der Probetafel vor, aber die Beleuchtung derselben nimmt nicht etwa proportional der Verkleinerung des Diaphragmas ab. Durch Einsetzen des Papiers wird dieses selbst zur Leuchtquelle gemacht. Das giebt zwar insofern einen Vortheil, als jeder Punkt des wie ein trübes Medium wirkenden Papiers nach allen Richtungen hin Licht zerstreut und so die Verkleinerung des Diaphragmas für alle Theile der Probetafel in Betracht kommt; indessen haben die verschiedenen Leuchtpunkte des Papierquadrats verschiedenen Helligkeitswerth und zwar um so weniger, je mehr excentrisch sie liegen. Die Verkleinerung des Quadrats wird daher für die der Mitte des Papiers gegenüberliegenden Objecte weniger in Betracht kommen als für die excentrisch gelegenen.

Aubert (Physiol. d. Netzh. S. 130) bedient sich mit Vorliebe des Förster'schen Diaphragmas zur numerischen Variation der Tagesbeleuchtung. Statt des Papiers setzt er eine ganz reine Milchglasplatte ein. Zu den Versuchen, die Aubert über die Wahrnehmbarkeit rother und blauer Pigmente bei abnehmender Beleuchtung angestellt, ist zu bemerken, dass hier wie im Förster'schen Photometer die „Seiten der Lichtquelle" in keinem messbaren Verhältniss zur Helligkeit der Probeobjecte stehen; dass es ferner nicht gerechtfertigt ist, die Intensität des Lichtes, welches ein Quadrat von 40 Mm. Seite durchlässt, gleichzeitig für Roth und für Blau = 1 zu setzen. Bisher wenigstens ist es noch unbewiesen, dass in dem Lichte, welches eine Milchglasplatte durchlässt, rothe und blaue Strahlen in demselben Intensitätsverhältniss enthalten seien. Nur in diesem unrichtigen Modus der Beleuchtungsvariation glaube ich den Grund suchen zu müssen, dass meine Ergebnisse über die Wahrnehmung von Roth und Blau bei herabgesetzter Beleuchtung von den Aubert'schen abweichen.

Milchglasplatten, wie sie Hippel für sein Photometer verwendet, konnte ich deshalb nicht gebrauchen, weil sie die Beleuchtung viel stärker herabsetzen als Seidenpapier. Auf eine allmälige Herabsetzung musste aber Gewicht gelegt werden. Auch ist Seidenpapier ein viel billigeres und handlicheres Material und, wie obige Versuche lehren, von vorzüglicher photometrischer Gleichartigkeit.

Was die photometrische Prüfung des Seidenpapiers betrifft, so wäre es verfehlt gewesen, sich allein der Rumford-schen Schattenmethode zu bedienen, die sich bei den Autoren (Aubert, Mauthner) einer grossen Beliebtheit erfreut; denn bei allen photometrischen Ermittelungen, für welche die Empfindlichkeit unseres eigenen Auges den Maasstab abgiebt, ist zu berücksichtigen, dass die Helligkeitsvalenz des zu messenden Lichtes nur durch den Lichtsinn, die chromatische Valenz nur durch den Farbensinn messbar ist.

Die numerische Variation der Beleuchtung geschah nun gemäss folgender Ueberlegung:

Setzt man die Helligkeit der constanten Tagesbeleuchtnng H = 1, diejenige Dunkelheit, welche bei Dämpfung von H durch 15 Blätter Seidenpapier entsteht, H = 0, so setzt jedes der 15 Blätter die Beleuchtung um $^1/_{15}$ herab.

Statt der Zahl 15 hätte selbstverständlich jede andere Zahl ihre Berechtigung. Nur wächst mit der Anzahl der Blätter Seidenpapier die Grösse der erforderlichen Probeobjecte sehr schnell, so dass dieselben schliesslich an einer gewöhnlichen Wand keinen Platz fänden. Die Grösse der grünen und blauen Objecte nahm schon bei 11 Blättern Seidenpapier mehr Platz in Anspruch, als es für die Vereinigung aller Objecte in einen handlichen Apparat vertragen werden kann. Es sind deshalb in der unten folgenden Tabelle die Resultate, welche bei 11, 12, 13 und 14 Blättern sich ergaben, ausgelassen, und bei 15 Blättern nur das Resultat für Roth und Gelb angegeben.

Ist die hellste Tagesbeleuchtung (H = 1 resp. $^{15}/_{15}$) durch ein Blatt Seidenpapier gedämpft, so ist H = $^{14}/_{15}$; sind 3 Blätter vor den Ausschnitt geschoben, so ist H = $^{12}/_{15}$ u. s. w.

So war die Möglichkeit gegeben:

Vergleichende Studien über die Abhängigkeit des Lichtsinns, des quantitativen Farbensinns und der Sehschärfe von der Helligkeit der Beleuchtung anzustellen.

Es wurden nur Augen mit c V $^5/_3$—$^5/_2$ benutzt und die Untersuchung nur eingeleitet, wenn H = $^{15}/_{15}$. Um die Probeobjecte unter allmälig ansteigendem Gesichtswinkel isolirt exponiren zu können, hatte ich mir eine grosse Sammettafel construirt, in deren Mitte sich ein etwa 60 Mm. Durchmesser haltendes Loch befand. Hinter diesem Loch wurden auf Pappe geklebte Sammetstreifen mit weissen, rothen, blauen, grünen Probeobjecten gleicher Grösse verschoben. Von 0,5 Mm. Dm. anfangend, hatte ich für jede Zunahme der Probeobjecte um 0,5 Mm. Dm. einen besonderen Sammetstreifen angelegt bis zu 20 Mm. Dm.; von da ab nur für jede Zunahme des Durchmessers um 1 Mm. bis 60 Mm. aufwärts.

Auf diese Weise wurde ermittelt, welche Grösse ein weisses Object bei H $^{14}/_{15}$, $^{13}/_{15}$, $^{12}/_{15}$ etc. bis $^1/_{15}$ haben musste, um gerade wahrgenommen zu werden, d. h. es wurde für 15 verschiedene Beleuchtungsgrade die Unterschiedsschwelle ermittelt. Analog wurde festgestellt, um wie viel die farbigen Objecte an Grösse zunehmen müssten, um in der prävalenten Farbe erkannt zu werden. Gleichzeitig wurde das Verhalten des centralen Visus (c V =) notirt. Selbsverständlich wurde mit zunehmender Dunkelheit immer grössere Sorgfalt auf genügende Adaptation verwandt.

Die Resultate sind aus folgender Tabelle ersichtlich:

H (Helligkeit der Tagesbeleuchtung) gleich cFm (centrales Farbensinnmaximum).

| H = cFm | Roth | Blau | Grün | Gelb | Licht-sinn | Visus. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mm. | Mm. | Mm. | Mm. | Mm. | |
| $^{15}/_{15}$ | 0,5 | 3 | 3 | 1,5 | 0,2 | $^5/_3$—$^5/_2$ |
| $^{14}/_{15}$ | 1,5 | 5 | 4 | 2 | 0,5 | $^5/_3$ |
| $^{13}/_{15}$ | 2 | 6 | 6 | 4 | 1 | $^5/_4$ |
| $^{12}/_{15}$ | 2,5 | 12 | 12 | 4,5 | 2 | $^5/_5$ |
| $^{11}/_{15}$ | 3 | 20 | 20 | 5 | 2,5 | $^5/_5$—$^5/_6$ |

| H = cFm | Roth | Blau | Grün | Gelb | Licht-sinn | Visus. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mm. | Mm. | Mm. | Mm. | Mm. | |
| $^{10}/_{15}$ | 5,5 | 30 | 30 | 5,5 | 3 | $^{5}/_{6}$ |
| $^{9}/_{15}$ | 6 | 32 | 32 | 6 | 4 | $^{5}/_{6}$—$^{5}/_{10}$ |
| $^{8}/_{15}$ | 7 | 38 | 38 | 7 | 4,5 | $^{5}/_{6}$—$^{5}/_{10}$ |
| $^{7}/_{15}$ | 8 | 42 | 42 | 8 | 5 | $^{5}/_{6}$—$^{5}/_{10}$ |
| $^{6}/_{15}$ | 9 | 46 | 46 | 9 | 5,5 | $^{5}/_{6}$—$^{5}/_{10}$ |
| $^{5}/_{15}$ | 10 | 50 | 50 | 10 | 6 | $^{5}/_{10}$ |
| $^{1}/_{15}$ | 30 | — | — | 30 | 9 | $^{5}/_{20}$ |

Nach dieser Tabelle ist zur besser vergleichenden Uebersicht eine Curventafel (siehe Tafel II) entworfen.

Aus der Curventafel scheint zunächst hervorzugehen, dass Sehschärfe, Farben- und Lichtsinn von der Beleuchtung in sehr verschiedenem Grade abhängig sind; dass die Zunahme des Gesichtswinkels bei abnehmender H für Sehschärfe und Lichtsinn nur langsam, für den Farbensinn auffallend rasch vor sich geht. Ich sage, es scheint; denn so wie die Curven liegen, sind sie nicht mit einander vergleichbar, weil diejenige Helligkeit der Beleuchtung, welche = 1 gesetzt ist ($H = {}^{15}/_{15}$), nicht unbedingt für alle untersuchten Functionen = 1 ist. Die Helligkeit der dem Tageslicht beigemengten rothen und blauen Strahlen wäre erst dann = 1 zu setzen, wenn dieselbe gross genug ist, um das Marx'sche Roth und Blau unter demselben Gesichtswinkel erkennen zu lassen, unter welchem ein weisses Object noch gerade wahrnehmbar ist. Besser vergleichbar werden die Curven jedenfalls, wenn man diejenigen Beleuchtungsarten = 1 setzt, welche gestatten, Blau, Roth und Weiss unter demselben Gesichtswinkel zu erkennen, z. B.

H (Blau) $^{15}/_{15} = 1$,
H (Roth) $^{11}/_{15} = 1$,
H (Weiss) $^{10}/_{15} = 1$.

Dann haben alle 3 Objecte 3 Mm. Durchmesser. Dadurch wird die Blaucurve der Rothcurve äusserst ähnlich und beide weichen weniger auffällig von der Lichtsinncurve ab. Dennoch wage ich nicht, irgend welche bestimmten Schlüsse aus dem Verlauf der Curven zu ziehen; denn mit der Anzahl der zur Verdunklung benutzten Blätter Seidenpapier ändert sich die Beleuchtung zu Gunsten der grünen und blauen Strahlen, wobei die zunehmende Dicke der wie ein trübes Medium wirkenden Seidenblätterschicht einen nicht zu berechnenden Einfluss ausübt.

Trotzdem, dass nun das Farbenwahrnehmungsvermögen sich von der Helligkeit der Beleuchtung nicht in numerisch gleichem Grade abhängig zeigt wie der Lichtsinn, so bekunden die Curven dennoch eine Thatsache von höchster theoretischer und praktischer Bedeutung, nämlich diese:

Das Wahrnehmungsvermögen für Farben hängt von der Helligkeit der Beleuchtung (bei obiger Versuchsanordnung) in höherem Grade ab als der Lichtsinn, in bedeutend höherem als die Sehschärfe, d. h. bei herabgesetzter Beleuchtung ändert sich die Sehschärfe langsam, schneller der Lichtsinn, am schnellsten der Farbensinn.

Zur Ermittelung der Lichtsinnanomalien wird man sich natürlicher Weise an diejenige Function des Sehorgans wenden, welche von der Helligkeit am meisten beeinflusst wird, also an den Farbensinn.

Es ist in obigem theoretischen Raisonnement die Helligkeit der Beleuchtung für Roth und Blau und Weiss gleich 1 gesetzt, wenn die Durchmesser der erkennbaren Probeobjecte in 5 Meter Entfernung 3 Mm. betrugen. Hierbei ist die Adaptationszeit für Farben und Weiss als die gleiche angenommen. Da nach Aubert (l. c. p. 131) die Adaptation der Netzhaut für die verschiedenen Farben möglicherweise verschieden ist, so ersann ich zur Berücksichtigung der Adaptationszeit folgende Modification der Masson'schen Scheibe. Es

ist vorauszuschicken, dass bei Einführung der Adaptation die oben gegebene Gleichung für die Unterschiedsschwelle lauten muss:

$$U = H\,C\,v\,t,$$

wo t die Adaptationszeit bedeutet.

Die Grösse von H ist gegeben, wenn C, v und t bekannt sind. Bekanntlich ist die Formel für die Helligkeit eines durch Mischung von Schwarz und Weiss hervorgebrachten grauen Ringes auf der Masson'schen Scheibe

$$H = 1 - \frac{d}{2\,r\pi}$$

wenn d die Breite des schwarzen resp. weissen Sectors in Graden ausdrückt, während die Helligkeit des Weiss = 1, die des Schwarz = 0 gesetzt ist. In dieser Formel ist weder v noch t berücksichtigt und die Helligkeit des Weiss sehr willkürlich = 1 gesetzt. Diese Fehler mussten vermieden werden. Ich befestigte ein weisses Object von 3 Mm. Dm. (für die Entfernung von 5 Meter) auf der schwarzen Sammetscheibe eines durch Uhrwerk getriebenen Rotationsapparats, 100 Mm. vom Centrum entfernt; dicht vor diese Sammetscheibe wurde eine möglichst dünne Sammettafel, welche eine Kerbe von 3 Mm. Dm. am oberen Rande besass, so aufgestellt, dass das auf der Rotationsscheibe befindliche weisse Object in 5 Meter Entfernung gerade in der Kerbe sich zeigte. Setzt man dann die Scheibe in Bewegung, so verschwindet das weisse Object, weil es entsprechend der Geschwindigkeit der Rotation nur 30mal in der Secunde hinter der Kerbe erscheint. Will man das Object 60mal in der Secunde sichtbar machen, so befestigt man diametral gegenüber dem ersten ein zweites Object von derselben Grösse. Aber erst wenn man 9 weisse Objecte von derselben Grösse in gleichen Abständen auf der Peripherie der Scheibe befestigt d. h. wenn das Object 270mal in der Secunde sichtbar wird, gelingt es, einen Schimmer in der Kerbe wahrzunehmen. Nimmt man für Blau und Roth dieselbe Scheibe von 100 Mm. Radius, so kann man H ausdrücken durch den kleinsten Theil der Kreisperipherie, welcher durch Vervielfachung der Probeobjecte bei dieser Versuchsanordnung in Anspruch genommen wird. Es ist dann $H = \frac{v\,t}{2\,r\pi} \cdot x$, wo x angiebt, wie oft das Probeobject auf der Kreisperipherie vertheilt werden muss. Macht man diese

Bestimmung für Roth, Blau und Weiss bei gleichen Beleuchtungsgraden, d. h. für Blau bei H $^{15}/_{15}$, Roth bei H $^{11}/_{15}$, Weiss bei H $^{10}/_{15}$, so findet man

$$x \text{ (Weiss)} = 9,$$
$$x \text{ (Blau)} = 10,$$
$$x \text{ (Blau)} = 10.$$

Das würde so viel heissen als, dass die Helligkeit des blauen, rothen und weissen Objects in der That fast die gleiche ist. Zur genaueren Kenntniss der Versuchsanordnung sei noch bemerkt, dass die Beobachtung der Scheibe bei jedem Versuch nur $^{1}/_{4}$ Minute dauerte. Es ist denkbar, dass die Ermittelung der Helligkeit der Farben und von Weiss, auf diese Weise bei allmälig abnehmender Beleuchtung durchgeführt, genaueren theoretischen Aufschluss über das Verhältniss des quantitativen Lichtsinns und Farbensinns zu einander gäbe.

An Hand obiger Tabelle über das Verhalten des Farbensinns bei herabgesetzter Beleuchtung ergiebt sich folgende

## Vorläufige Methode der Lichtsinnprüfung.

Zwei Isolirungstafeln à la Weber enthalten, die eine die obersten 7, die andere die letzten 5 Zeilen farbiger Tuchobjecte. Die weissen Objecte sind fortgelassen, weil theoretisch Weiss nur als Helligkeit verwerthet worden und für die Prüfung im Ambulatorium es seine Schwierigkeiten hat, sich angeben zu lassen, ob Jemand ein weisses Object gerade noch als Helligkeit wahrnimmt oder nicht. Auch ist die Herstellung so kleiner weisser Objecte technisch schwer durchführbar. Ueberdies kommt man mit den vier Principalfarben aus. Jeder Tafel ist ein Index mitgegeben, der daneben befestigt werden muss. Auf dem Index ist einfach abzulesen an der obersten Zeile H = $^{15}/_{15}$ resp. cFm = $^{15}/_{15}$, an der zweiten Zeile cFm = $^{14}/_{15}$ etc., d. h. wer bei günstigster Tagesbeleuchtung die oberste Zeile erkennt, hat ein centrales Farbensinnmaximum = $^{15}/_{15}$ u. s. w. Dies sagt über den Lichtsinn noch nichts

Bestimmtes aus, weil damit ja nur *eine* Unterschiedsschwelle und zwar eine bei günstigster Tagesbeleuchtung gegeben ist; um über den Lichtsinn Genaueres zu erfahren, hat man nun die Unterschiedsschwelle zu controlliren bei Dämpfung der Beleuchtung durch ein, zwei u. s. f. bis 15 Blätter Seidenpapier. Da dies in praxi zu umständlich wäre, ist der Seidenpapierapparat so eingerichtet, dass man dreimal je vier und aus später zu erörternden Gründen einmal noch 12 Blätter Seidenpapier vorschieben kann. Hat Jemand cFm $^{15}/_{15}$ (H $^{15}/_{15}$), so muss er bei normalem Lichtsinn nach Dämpfung von H durch vier Blätter cFm $^{11}/_{15}$ haben, nach Dämpfung durch acht Blätter, d. h. bei H $^{7}/_{15}$, muss er cFm $^{7}/_{15}$ haben. Ein Ausdruck für das normale Verhalten des Lichtsinns wäre demnach L = $^{5}/_{15}$ (H $^{5}/_{15}$) oder L = $^{1}/_{15}$ (H $^{1}/_{15}$); jedoch muss die Grösse von cFm bei grösserer Helligkeit, etwa bei H $^{15}/_{15}$ zuvor angegeben sein. Wäre cFm $^{15}/_{15}$ (H $^{15}/_{15}$) und dann cFm $^{6}/_{15}$ (H $^{8}/_{15}$), so würde dies heissen, dass bei H $^{8}/_{15}$ der Lichtsinn um $^{2}/_{15}$ herabgesetzt sei. Statt cFm $^{6}/_{15}$ (H $^{8}/_{15}$) würde man also L $^{6}/_{15}$ (H $^{8}/_{15}$) schreiben dürfen.

Da cFm zunächst bei hellerer Beleuchtung geprüft werden muss, so ist es erforderlich zu wissen, welche Helligkeit die gerade vorhandene Tagesbeleuchtung besitze, da ja H $^{15}/_{15}$ nicht immer zur Verfügung steht.

Ich bestimmte deshalb an den dunkelsten Tagen und zu allen möglichen Stunden der hellsten Tage bis in die tiefste Dämmerung hinein die Grösse der in 5 Meter für das normale Auge gerade erkennbaren Pigmente, d. h. ich controllirte die bei *künstlicher* Variation der Beleuchtung gefundenen Objectgrössen bei *natürlicher* Variation derselben. Es ergab sich, dass wenn bei sinkender Sonne und klarem Himmel noch cV = $^{5}/_{3}$ — $^{5}/_{2}$ und cFm = $^{15}/_{15}$ war, mit vorrückender Zeit (es wurde anfangs alle 15—20 Minuten, später alle 5 Minuten und

öfter untersucht) cV und cFm ziemlich genau in derselben Weise sank, wie es bei künstlicher Herabsetzung durch Seidenpapier der Fall gewesen. Dieses Resultat habe ich zu wiederholten Malen controllirt und niemals nennenswerthe Abweichungen gefunden. Danach glaube ich mich berechtigt, jede geringere Tagesbeleuchtung als diejenige, bei welcher cFm = $^{15}/_{15}$, auszudrücken durch die vollste Beleuchtung (H $^{15}/_{15}$) weniger derjenigen Lichtmenge, welche eine bestimmte Anzahl Seidenblätter absorbirt, d. h. wenn cFm nur $^{14}/_{15}$ beträgt, so ist der Schluss gestattet, dass die volle Beleuchtung so viel abgenommen habe, als sei sie durch ein Blatt Seidenpapier gedämpft.

Für Schwankungen der Beleuchtung, wie sie durch Schnee auf den Dächern, ungleichmässige Bewölkung des Himmels hervorgerufen werden, stimmt die Tabelle nur selten; es ist dann der Werth für cFm abzurunden, indem man stets den Schwerpunkt auf das Erkennen der rothen und blauen Objecte legt. Irgend woher reflectirtes Sonnenlicht muss stets vermieden werden.

Wenn nun der Untersucher die zufällige Helligkeit der Tagesbeleuchtung messen soll, so ist dabei vorausgesetzt, dass jedes normale Auge bei H $^{15}/_{15}$ in der That cFm = $^{15}/_{15}$ besitze. Es blieb die Frage offen, wie sich die grosse Zahl normaler Augen zwischen cV $^{5}/_{5}$ und $^{5}/_{2}$ zu verhalten habe. Zur Erledigung derselben wurden vergleichende Studien angestellt

## Ueber die Abhängigkeit des quantitativen Farbensinnes und der Sehschärfe vom Gesichtswinkel.

Alles, was während eines halben Jahres in das Ambulatorium der Sattler'schen Augenklinik in Erlangen kam und, was sich sonst heranziehen liess, wurde zunächst einer Prüfung der Sehschärfe, sodann ohne Berücksichtigung des Grundleidens, ohne Correction event. Refractions-

anomalie der Prüfung des quantitativen Farbensinnes unterworfen. Zu letzterem Zwecke wurde die obige von mir eigenhändig angefertigte Isolirungstafel benützt. Diese und die Snellen'schen Sehproben befanden sich in 5 Meter Entfernung vom Auge. Untersuchungsraum war nicht das mit dem Seidenpapierapparat versehene Perimeterzimmer, sondern der neugebaute Hörsaal der Klinik, der ein einziges grosses nach Norden gelegenes Fenster besitzt.

Die Resultate sind aus der entsprechenden Curventafel (s. Taf. III) ersichtlich, in welcher cV die Grösse der Buchstaben-Durchmesser (Snellen), RF die Durchmesser der kleinsten, RF' die der grössten rothen Objecte angiebt, welche bei ein- und derselben Sehschärfe jedoch bei verschiedenen Grundleiden erforderlich waren. In gleicher Weise demonstrirt die Curve Bf die kleinsten, Bf' die grössten blauen Objecte, welche bei ein- und derselben Sehschärfe notirt werden mussten. Für grüne Objecte gilt ungefähr die blaue, für gelbe die rothe Curve.

Die genauere Betrachtung der Curven lehrt nun folgende praktisch höchst wichtige Thatsachen kennen:

1. Jedes Auge, welches bei H $^{15}/_{15}$ cFm $^{15}/_{15}$ besitzt, hat mindestens cV = $^{5}/_{5}$.

a) Daraus ergiebt sich, dass jedes Auge, welches über normale Sehschärfe und normalen Lichtsinn verfügt, im Stande ist, die Helligkeit der zufälligen Tagesbeleuchtung an der Farbentafel zu messen.

b) Andererseits gestattet diese Thatsache die approximative Sehschärfenbestimmung bei Leuten, die nicht oder noch nicht lesen gelernt. (Siehe pg. 49.)

Was die Bezeichnung der Buchstabenformen für die Sehschärfe, ist der Name der Pigmente für den Lichtsinn. Die Kenntniss der Buchstabennamen setzt voraus, dass der zu Prüfende lesen gelernt; die Kenntniss der Pigmentnamen setzt fast nichts als qualitativ normalen Farbensinn voraus. Dieser

lässt sich nach der Wollenprobe selbst bei Kindern bis zu 5 Jahren herab prüfen, wie ich mich bei Gelegenheit von Massenuntersuchungen in den Königsberger Volksschulen, die ich 1879 im Auftrage von Prof. Jacobson anstellte, zu überzeugen genügend Gelegenheit hatte. Aber selbst bei Kindern von $3^1/_2$ Jahren, wo die Wollenprobe nicht durchführbar, lässt sich meine Farbentafel oft verwerthen. Denn bei einiger Intelligenz lernen die Kinder dieses Alters sehr schnell Roth, Blau, Grün und Gelb an grösseren Objecten richtig unterscheiden und sind dann der Prüfung von cFm zugänglich. Der Farbentafel sind drei Tuchquadrate mit Handgriff beigegeben. Jedes Quadrat hat 10 Cm. Seite und ist auf den beiden Seiten verschieden beklebt, so dass man auf der einen Seite Schwarz, Roth, Blau, auf der andern Seite Weiss, Grün, Gelb vorzeigen kann.

c) Schliesslich ist zu bemerken, dass die genannte Thatsache sicher genug begründet ist, um Jemand, der cFm $^{15}/_{15}$ erkennt, an der Snellen'schen Tafel aber nicht volle Sehschärfe (d. h. $^6/_6$) bekundet, der Simulation zu zeihen. (Siehe pg. 48.)

Aus diesen Gründen scheint mir die Verwerthung meiner Farbentafel auf dem militärischen Assentplatz angezeigt. Ich habe einige militärärztliche Collegen dafür zu interessiren vermocht und hoffe binnen Kurzem über den Erfolg berichten zu können. Es machen sich für den genannten Zweck noch andere Vortheile geltend, von denen weiter unten die Rede sein wird.

2. Bei Constatirung der Ursachen, welche bei ein und derselben Sehschärfenanomalie so grosse Differenzen der entsprechenden Farbenwahrnehmung ergeben konnten, zeigte sich, dass

a) der grösste Durchmesser der farbigen Objecte (BF'; RF') gefordert wurde bei

$\alpha$) diffusen Trübungen der brechenden Medien,

$\beta$) Lichtsinn-Anomalien.

b) Dass die kleinsten Objecte nur erkannt wurden (BF; RF)

α) bei Refractions-Anomalien,

β) bei centralem Scotom (wobei aus besonderen Gründen als Untergruppen gelten müssen die centrale Medientrübung und die erworbene Rothgrünblindheit).

Ausserdem zeigen die Curven, welche die grössten Durchmesser angeben (BF′, RF′), welche also bei Trübungen der brechenden Medien und bei Lichtsinn-Anomalien constatirt wurde, einige Uebereinstimmung mit denjenigen Curven, welche für das normale Auge bei herabgesetzter Beleuchtung von H $^{15}/_{15}$ bis H = 0 gefunden worden. Mit anderen Worten:

Es entsprechen die Anomalieen des quantitativen Farbensinns, wie sie bei diffusen Trübungen der brechenden Medien und bei Lichtsinnalterationen vorkommen, ungefähr den für das normale Auge bei herabgesetzter Beleuchtung gefundenen Werthen.

Diese eigenthümlichen Beziehungen zwischen Farbensinn, Lichtsinn und Sehschärfe geben die Möglichkeit, an Hand des quantitativen Farbensinns jeder Zeit mit Sicherheit die

Differenzialdiagnose zwischen diffuser Medientrübung, Lichtsinnanomalie, Refractionsanomalie und centralem Scotom,

zu stellen, wobei, wie bereits bemerkt, als Untergruppe des centralen Scotoms die erworbene Farbenblindheit und die centrale Medientrübung gelten muss. Der zur Lichtsinnprüfung und zur Differenzial-Diagnose erforderliche Apparat ist folgender *):

a) Der Index, welcher den beiden Farbentafeln beigegeben ist, sagt aus, dass die oberste Zeile, in welcher

*) Der complete Apparat ist bei Ehrhardt u. Metzger in Darmstadt, Elisabethenstr. 47, vorräthig.

sich die kleinsten Objecte befinden, die höchste Leistung des quantitativen Farbensinns bei hellster Beleuchtung repräsentire, d. h. bei H $^{15}/_{15}$ ist cFm = $^{15}/_{15}$. Neben cFm $^{15}/_{15}$ auf dem Index steht cV = $^{5}/_{3}$ — $^{5}/_{2}$, d. h. der gleichzeitig ermittelte Visus beträgt $^{5}/_{3}$ — $^{5}/_{2}$. Da die Farbentafel für den normalen Lichtsinn entworfen ist, so gelten die aus dem Index selbst zu ziehenden Schlüsse nur für den normalen Lichtsinn. Mit diesem Vorbehalt lässt sich behaupten, dass Jeder, der cV $^{5}/_{3}$ — $^{5}/_{2}$ hat, auch cFm $^{15}/_{15}$ (bei H $^{15}/_{15}$) besitzen muss; aber, wie oben nachgewiesen wurde, besitzt sogar die grosse Menge jener sogenannten normalen Augen, die nur cV $^{5}/_{5}$ hat, bei normalem Lichtsinn gleichfalls cFm $^{15}/_{15}$ (H $^{15}/_{15}$); diejenige Ametropie nämlich, welche die Bethätigung höherer Sehschärfe als cV $^{5}/_{5}$ verhindert, hat auf cFm nicht entfernt denselben Einfluss, da cFm rein abhängig ist vom Lichtsinn. So genügt z. B. bei corrigirtem Astigmatismus oft eine geringe Axenverschiebung, um cV $^{5}/_{5}$ auf cV $^{5}/_{50}$ herabzudrücken, während gleichzeitig das mit cV $^{5}/_{5}$ verbunden gewesene cFm $^{15}/_{15}$ nur in sehr geringem Maasse herabgesetzt sich zeigt. So äussert auch jene Ametropie, welche die Sehschärfe nicht über $^{5}/_{5}$ steigen lässt, auf cFm kaum einen Einfluss, so lange der Lichtsinn normal ist.

Der Index ist im Allgemeinen nicht so eingerichtet, dass man aus der Grösse von cFm auf die Grösse des daneben stehenden Visus schliessen könnte. Nur die oberste Zeile gestattet den Schluss, dass cV mindestens $^{5}/_{5}$, wahrscheinlich mehr als $^{5}/_{5}$ betrage. Wenn neben cFm $^{14}/_{15}$ cV $^{5}/_{3}$ steht, so heisst das nicht, dass Jeder, der cFm $^{14}/_{15}$ erkennt, cV $^{5}/_{3}$ besitzen muss, sondern es heisst nur, dass derselbe Mensch, für welchen cFm $^{15}/_{15}$ und cV $^{5}/_{3}$ — $^{5}/_{2}$ gefunden wurde, nach Dämpfung der Beleuchtung durch ein Blatt Seidenpapier cFm $^{14}/_{15}$ und cV $^{5}/_{3}$ haben muss bei normalem Licht-

sinn. Derselbe muss ferner cFm $^{13}/_{15}$ und cV $^{5}/_{4}$ bei weiterer Herabsetzung der Beleuchtung haben, wie dies oben bereits auseinandergesetzt worden. Will man den Index zu differential-diagnostischen Zwecken benutzen, so erhalten die Werthe von cV eine besondere Nutzbarkeit. Dann bestimmt man zuerst den Visus ohne Rücksicht auf Refraction; es sei z. B. cV = $^{5}/_{10}$. Dann bestimme man sofort cFm; es ergeben sich z. B. cFm = $^{11}/_{15}$. Neben cV $^{5}/_{6}$—$^{5}/_{10}$ steht cFm $^{9}/_{15}$, d. h. wenn Jemand cV $^{5}/_{6}$—$^{5}/_{10}$ aus dem Grunde hat, weil die Beleuchtung herabgesetzt ist, so ist seine höchste Leistung des Farbensinns cFm $^{9}/_{15}$. Wir aber fanden bei cV = $^{5}/_{10}$ cFm $^{11}/_{15}$; das ist also eine grössere Leistung des Farbensinns; folglich kann in unserm Falle es sich nicht um Herabsetzung der Beleuchtung handeln. Da diffuse Trübungen und noch viel mehr die Lichtsinn-Anomalien den Farbensinn in der Weise beeinflussen, als wäre für ein normales Auge die Beleuchtung durch Seidenpapier herabgesetzt, so ist das Raisonnement für unser Beispiel derart weiter zu führen, dass als Ursache der betr. Sehschärfenstörung weder diffuse Medientrübung noch Lichtsinn-Anomalien angenommen werden darf. Welche Sehschärfe Jemand auch besitze, sofort lässt sich aus dem Verhalten seines cFm schliessen, ob Lichtsinn-Anomalie oder diffuse Trübung anzunehmen oder auszuschliessen. Es sei z. B. cV = $^{5}/_{20}$, cFm = $^{7}/_{15}$, so ist die Lichtsinn-Anomalie oder diffuse Trübung zunächst mit Sicherheit auszuschliessen. Es sei cV = $^{5}/_{20}$, cFm = $^{1}/_{15}$, so handelt es sich ganz bestimmt um Lichtsinn-Anomalie oder Trübung der Medien. Denn wenn Jemand cV = $^{5}/_{20}$ aus Ursachen der Refraction oder durch centrales Scotom besitzt, so muss sein cFm mehr als $^{1}/_{15}$ betragen, d. h. er muss kleinere Objecte erkennen, als sie in cFm $^{1}/_{15}$ enthalten sind; denn die in cFm $^{1}/_{15}$ enthaltenen Objecte entsprechen der denkbar grössten Leistung

eines Auges, dessen Sehschärfe durch Herabsetzung der Beleuchtung oder durch Medientrübung oder durch Lichtsinnanomalie bis auf cV $^{5}/_{20}$ herabgesetzt ist.

Da nun die Farbentafel nur darüber Auskunft giebt, wie von der hellsten Beleuchtung (H $^{15}/_{15}$) an bis zu der durch 14 Blätter Seidenpapier bewirkten Dunkelheit, H = $^{1}/_{15}$, Sehschärfe und Farbensinn sich verhalten, so musste für die stärkeren Grade der Dunkelheit besonders ermittelt werden, wie sich Sehschärfe und Farbensinn bei ihnen verhalten. Hätte ich statt 15 Blätter 16, 17 u. s. w. nehmen wollen, so würden die in 5 Meter erforderlichen Grössen der Tuchobjecte, wie oben bemerkt, in einem handlichen Apparat nicht mehr Platz gefunden haben. Um die Vermehrung der Seidenblätter zu vermeiden, nahm ich aus dem klinischen Material alle Fälle von Linsentrübungen zu Hilfe, die über eine Sehschärfe von $^{5}/_{30}$ verfügten bis herab zum Erkennen von Handbewegungen in nächster Nähe ohne Fingerzählen und bestimmte für dieselben cFm durch Verringerung der Distanz. Für die endgiltige Tabelle wurden nur diejenigen Fälle benutzt, bei welchen nach erfolgter Operation constatirt werden konnte, dass sie an keinerlei Complication seitens des Lichtsinns litten und dass sie keine höheren Grade von Myopie oder Hypermetropie besessen hatten. Aus den erhaltenen Resultaten wurde folgende

b) Hilfstabelle zur Differenzial-Diagnose etc. zusammengestellt, welche enthält

1. die Abschrift der beiden Indices (cFm und cV) nebst Angabe der Grössendurchmesser der in den Farbentafeln enthaltenen Tuchobjecte; darunter
2. die Grösse des quantitativen Farbensinns bei Augen, welche durch Linsentrübungen (d. h. Herabsetzung der Beleuchtung) Sehschärfe von $\frac{5}{30}$

bis $\frac{3^1/_2}{50}$ haben. Um keiner zu grossen Tuchobjecte benöthigt zu sein, wurde ermittelt, wie weit die in cFm $^5/_{15}$ enthaltenen Objecte erkennbar waren; darunter

3. die Entfernungen, in welchen Augen mit Linsentrübungen und Sehschärfe von Finger in 3 Metern bis zu Handbewegungen herab Tuchquadrate von 10 Cm. Seite erkannten.

## Hilfstabelle.

| H=cFm | c V | Roth | Blau | Grün | Gelb | h.*) v.**) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 15/15 | 5/3—5/2 | 1 | 3 | 3 | 1½ | 2° : 2° Fov. centr. |
| 14/15 | 5/3 | 1½ | 5 | 4 | 2 | |
| 13/15 | 5/4 | 2 | 6 | 6 | 4 | 10° : 5° Mac. lut. |
| 12/15 | 5/5 | 2½ | 12 | 12 | 4½ | |
| 11/15 | 5/5—5/6 | 3 | 20 | 20 | 5 | 30 : 15. |
| 10/15 | 5/6 | 5½ | 30 | 30 | 5½ | |
| 9/15 | 5/6—5/10 | 6 | 32 | 32 | 6 | |
| 8/15 | 5/6—5/10 | 7 | 38 | 38 | 7 | 50 : 35. |
| 7/15 | 5/6—5/10 | 8 | 42 | 42 | 8 | |
| 6/15 | 5/6—5/10 | 9 | 46 | 46 | 9 | 60 : 35. |
| 5/15 | 5/10 | 10 | 50 | 50 | 10 | 66—95 : 45—50. |
| 1/15 | 5/20 | 30 | — | — | 30 | |

*) Horizontaler Durchmesser (siehe Seite 46).

**) Verticaler Durchmesser.

| c V | | Roth | Blau | Grün | Gelb |
|---|---|---|---|---|---|
| $\frac{5}{30}$ | cFm $\frac{5}{15}$ in $4\frac{1}{2}$ M. | | | | |
| $\frac{5}{50}$ | " " 4 " | | | | |
| $\frac{4^1/_2}{50}$ | " " $3\frac{1}{2}$ " | | | | |
| $\frac{4}{50}$ | " " 3 " | | | | |
| $\frac{3^1/_2}{50}$ | " " $2\frac{1}{2}$ " | | | | |
| | | in Metern | | | |
| Finger in 3 Meter | Tuchquadrate | 6 | $3\frac{1}{2}$ | 4 | $6\frac{1}{2}$ |
| " " $2\frac{1}{2}$ " | — | $5\frac{1}{2}$ | 3 | $3\frac{1}{2}$ | 6 |
| " " 2 " | — | 5 | $2\frac{1}{2}$ | 3 | 5 |
| " " $1\frac{1}{2}$ " | — | 3 | 2 | 2 | $3\frac{1}{2}$ |
| " " 1 " | — | $2\frac{1}{2}$ | $1\frac{1}{2}$ | $1\frac{1}{2}$ | $2\frac{1}{2}$ |
| " " $\frac{1}{2}$ " | — | 2 | 1 | $1\frac{1}{2}$ | 2 |
| Finger in nächster Nähe . . . . | — | 1 | $\frac{3}{4}$ | $\frac{3}{4}$ | $1\frac{1}{2}$ |
| Handbewegung u. Richtung derselben | — | $\frac{3}{4}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{4}$ |
| Handbewegung ohne Richtung | — | 0,20 | 0,10 | 0,20 | 0,30 |

Es mag nun Jemand Sehschärfe von $^5/_6$, von knapp $^5/_5$, von $^5/_{50}$ haben, es mag Jemand Finger in 3 Metern oder nur dicht vor dem Auge zählen, ein Blick auf die Hilfstabelle und die Constatirung des quantitativen Farbensinnes genügt, um sofort eine vorläufige Anschauung von der vorliegenden Krankheit zu gewinnen, z. B.:

1. Diagnose der Refractionsanomalie.

Frau K. zählt Finger in 3 Meter. In der Hilfstabelle steht, dass, wenn Trübungen der brechenden Medien die Ursache wären, Tuchquadrate dann je nach der Farbe in $6^1/_2$ (Gelb), in 6 (Roth), in 4 (Grün), in $3^1/_2$ (Blau) Metern erkannt werden würden.

Bei Lichtsinn-Anomalien, welche die Sehschärfe so stark herabsetzen, werden (erfahrungsgemäss) die Tuchquadrate nur in noch kürzeren Distanzen erkannt und zwar

blau speciell schlecht. Die Untersuchung der Frau K. ergiebt, dass sie nicht nur alle Tuchquadrate in mehr als 6 Meter erkannt, sondern dass sie sogar an der Farbentafel cFm = $^1/_{15}$ hat.

Folglich handelt es sich nicht um diffuse Medientrübung oder um Lichtsinnanomalie sondern um uncorrigirte Refraction oder um centrales Scotom.

In der That hatte Frau K. mit —7,0 cV = $^6/_5$.

Herr W. zählt Finger in 3 Meter. Trübungen oder Lichtsinnanomalien könnten die Ursache sein, wenn er die Tuchquadrate nur soweit erkennen würde, als in der Hilfstafel neben Finger in 3 Metern steht. Herr W. erkennt aber noch Objecte von cFm $^5/_{15}$ in 5 Metern. Folglich kann er nur an einer Refractionsanomalie oder an centralem Scotom leiden. In der That mit +10,0 hat Pat. cV $^5/_6$ und mit conv. cylindr. +1,0 a.h. cV $^5/_5$. Es bestand Aphakia arteficialis nach Staaroperation.

Herr R. hat cV $^5/_{50}$ . cFm $^{13}/_{15}$, nur Roth $^9/_{15}$.

Die Hilfstabelle lässt Trübungen etc. ausschliessen. Refractionsanomalie oder centrales Scotom restiren. Mit —2,5 cV = $^5/_5$.

## 2. Diagnose der Medientrübung.

Herr R. cV $^5/_{50}$. In der Hilfstabelle steht bei cV $^5/_{50}$, cFm $^5/_{15}$ in 4 Metern, d. h. wenn Herr R. an Medientrübung oder Lichtsinnanomalie leidet, so wird er höchstens die in der Farbentafel mit $^5/_{15}$ bezeichnete Reihe in 4 Metern erkennen. Herr R. erkennt in der That die Tuchobjecte von $^5/_{15}$ nur in 4 Metern Entfernung.

Folglich ist es keine Refractionsanomalie und kein centrales Scotom, an dem er leidet. Hingegen ist es Medientrübung oder Lichtsinnanomalie. Ein Blick mit dem Spiegel überzeugt uns, dass er an Catar. incip. leitet. Vielleicht handelt es sich aber ausserdem noch um Lichtsinnanomalie? Dann würde er sicher blau schlechter erkannt haben, als

es in der Hilfstabelle angegeben ist. Zur grösseren Sicherheit kann man es mit Hilfe des Seidenpapierapparates entscheiden. Wir setzen die Beleuchtung soweit herab, dass Herr R. nicht mehr $cV = {}^{5}/_{50}$, sondern nur ${}^{4}/_{50}$ besitzt; dann wird er die genannten Tuchobjecte von $cFm\ {}^{5}/_{15}$ laut Hilfstabelle in 3 Metern erkennen müssen; in der That er erkennt sie. Folglich ist keine Lichtsinnanomalie als Complication der Trübung dabei, denn durch Lichtsinn-Anomalien sinkt der Farbensinn weit stärker als durch Herabsetzung der Beleuchtung.

Frau L. zählt Finger in $3^{1}/_{2}$ Meter. Litte sie an Medientrübung oder Lichtsinnanomalie, so wäre von ihrem Farbensinn nicht mehr zu erwarten (laut Hilfstabelle) als dass sie Tuchquadrate Roth und Gelb in 2, Grün in $1^{1}/_{2}$, Blau in 1 Meter erkenne. Die Prüfung ergiebt, dass in der That Tuchquadrate nur in den genannten Entfernungen erkannt werden. Ein Blick mit dem Spiegel sichert die Diagnose der Cataract. senil. fere matura.

Um mit Sicherheit bei einer Cataract jede Lichtsinnanomalie auszuschliessen, bliebe die Controlle durch Herabsetzung der Beleuchtung und erneute Farbensinn-Prüfung immerhin werthvoll, indessen lässt sie sich bei reifen Cataracten, wenn nur noch Finger in nächster Nähe gezählt werden, schwer ausführen. Uebrigens ist durch die Uebereinstimmung des in der Hilfstabelle verlangten Farbensinns mit dem bei dem Kranken constatirten Farbensinn, wie in obigem Falle, bereits eine an Gewissheit grenzende Wahrscheinlichkeit gesetzt, dass eine Complication seitens des Lichtsinns nicht vorliege. Denn läge eine solche vor, so würden sicher die Tuchquadrate, besonders blau, nicht in der verlangten Entfernung erkannt werden. Hingegen giebt die Erfüllung des in der Hilfstabelle verlangten Farbensinns keine Garantie über Complicationen seitens des nervösen Apparates. Um diese auszuschalten hat man stets die Projection zu prüfen. Immerhin halte ich es für angemessen, jede Cataract bezüglich der Operationsprognose mit allen Hilfsmitteln der Diagnostik zu untersuchen. Es giebt eine Anzahl von Cataracten, die trotz der obligaten „Kerzen-

flamme in 6 Metern“ und trotz richtiger Projection nach vollkommen gelungener Operation nicht mehr als $^1/_{10}$ der normalen Sehschärfe erlangen. Bei diesen wird man durch das Abweichen des quantitativen Farbensinns von der Hilfstabelle veranlasst, mit der Prognose vorsichtig zu sein. Ob eine Cataract mit angeborener Farbenblindheit complicirt sei, oder ob eine Hintergrundanomalie vorliege, lässt sich leicht entscheiden. So zählte Herr G. in Folge von Cataract nur Finger in 2 Meter. Gelbe Quadrate erkannte er, wie vorgeschrieben, in 5 Meter, blaue in 4, also $1^1/_2$ Meter weiter als vorgeschrieben; hingegen erkannte er Roth und Grün erst in nächster Nähe und nannte Beides Grün. Nun ist es aber, wie die Hilfstabelle lehrt, charakteristisch für Trübungen und Lichtsinnanomalien, dass Blau am schlechtesten erkannt wird; Herr G. erkannte es aber bedeutend besser als Roth und, als er es überhaupt wahrnahm, nannte er es grün. Dass es sich also um Farbenblindheit bei ihm handeln müsse, stand fest; denn wenn Jemand, der an Trübungen der brechenden Medien leidet, dennoch das Marx'sche Blau besser erkennt als das Marx'sche Roth, so kann als Complication nur Farbenblindheit vorliegen und nur der Skeptiker könnte noch einwerfen, es könnte vielleicht die vorliegende Farbenblindheit eine erworbene sein. Aber auch hierüber lässt sich Gewissheit gewinnen, entweder durch das bessere andere Auge des Patienten oder, wenn beide gleichmässig an Cataract leiden, dadurch, dass bei erworbener Farbenblindheit meistens Roth weiter als Grün erkannt wird; niemals wird Roth Grün genannt, meistens Gelb; Grün wird meistens überhaupt nicht erkannt und mit Grau oder Schwarz bezeichnet. Uebrigens dürfte die Complication mit erworbener Farbenblindheit zu den allerseltensten Fällen gehören. Dass auch die Anamnese im Nothfall mit Erfolg zur Entscheidung zwischen angeborener und erworbener Farbenblindheit herangezogen werden müsse, ist einleuchtend.

Dass auch die Prognose der Discision von Nachstaaren nach der Hilfstabelle bestimmter formulirt werden kann, mag noch besonders betont sein.

### 3. Diagnose des centralen Scotoms.

Her Th. zählt Finger in 2 Meter. Die Hilfstabelle würde bei bestehender Lichtsinn-Anomalie oder Medien-

trübung das Erkennen von Tuchquadraten, Gelb und Roth in 5 Meter, Grün in 3 Mtr., Blau in $2^1/_2$ Mtr. erwarten lassen. Herr Th. erkennt Blau in 5 Mtr., Gelb in 4 Mtr., Roth in 2 Mtr., Grün in 1 Mtr. Folglich ist Lichtsinn-Anomalie und Trübung schon von vorneherein ausgeschlossen, denn niemals kann bei Trübungen etc. Blau soviel besser als Roth erkannt werden, es sei denn, dass angeborene Farbenblindheit vorliege; aber angeborene Farbenblindheit ist nie im Stande, Blau besser erkennbar zu machen, als es die Hilfstabelle für die betreffende Sehschärfe angiebt. Es bleibt in der That nur Refractions-Anomalie oder centrales Scotom übrig. Da Gläser nicht besserten, blieb nur noch centrales Scotom übrig resp. centrale Trübung. Ein Blick mit dem Spiegel überzeugte von der absoluten Klarheit der brechenden Medien. Das centrale Scotom wurde am Perimeter mit Leichtigkeit constatirt.

Die Reihenfolge, in welcher bei Lichtsinn-Anomalien und diffusen Trübungen die Tuchquadrate von gleicher Grösse erkannt werden, ist wie die Hilfstabelle lehrt, Gelb, Roth, Grün, Blau. Hier ist ein für allemal charakteristisch, dass Blau schlechter als Roth erkannt wird. Andererseits ist für die Anomalien des nervösen Apparats diejenige Reihenfolge charakteristisch, welche die Farben im Gesichtsfeld einhalten. Wenn, wie im obigen Fall, Blau am besten, dann Gelb, Roth, Grün der Reihe nach erkannt werden, so kann kein Zweifel bestehen, dass es sich entweder um Refractions-Anomalie oder um centrales Scotom handle. Nun ist man aber bei einiger Vertrautheit mit der Methode sehr bald darüber im Klaren, dass bei einem Visus von Finger in 2 Meter in Folge von Refractions-Anomalie die Tuchquadrate bedeutend weiter erkannt werden, als es in der Hilfstabelle neben Finger in 2 Meter angegeben steht. Ganz besonders wird Roth unter allen Umständen mindestens den dort angegebenen Werth einhalten müssen. Die eigenthümliche Schwachsichtigkeit des Herrn Th. für Roth und Grün musste sofort auf centrales Scotom resp. erworbene „Farbenblindheit" hinweisen.

Die Einschränkung zunächst der Grün-, dann der Roth-, dann der Blaugrenzen, wie sie bei erworbener Farbenblindheit vorkommt, macht dieselben Erscheinungen wie ein centrales Scotom oder wie irgend eine scharf begrenzte centrale Trübung. In allen diesen Fällen wird Blau besser als Roth erkannt und je auffallender Roth hinter Blau zurückbleibt, um so sicherer die Diagnose. Ein äusserst schlagendes Beispiel bietet hierfür folgender Fall:

Herr M., cV $^5/_{50}$. Nach der Hilfstabelle ist bei Trübungen etc. das Erkennen der in cFm $^5/_{15}$ enthaltenen Objecte in 4 Metern zu erwarten. Patient erkennt aber in dieser Reihe nur Blau; Roth erkennt er erst am Tuchquadrat in 1 Meter, Grün am Tuchquadrat in $^1/_2$ Meter. Blau hingegen erkennt er bei fernerer Prüfung noch in Reihe cFm $^{11}/_{15}$, also ausserordentlich besser, wie Roth und Grün. Zweifellos hat Herr M. Refractions-Anomalie oder centrales Scotom. Gläser bessern nicht. Folglich bleibt nur centrales Scotom übrig mit der Untergruppe der erworbenen Farbenblindheit. Am Perimeter wird sowohl ein centrales Scotom als völliger Mangel der Roth- und Grüngrenzen constatirt. Aussengrenzen normal, Blaugrenzen wenig eingeengt. Der ophthalmoskopische Befund war in diesem Falle völlig negativ. Es handelte sich um einen schwereren Fall von Intoxications-Amblyopie.

Das auffällig gute cFm für Blau tritt in so vielen Fällen von centralem Scotom hervor, dass der Gedanke nahe lag, die betr. Augen sähen Blau deshalb besser wie Roth, weil sie darauf angewiesen seien, Beides excentrisch zu sehen; dann wäre es ja verständlich gewesen, dass Blau besser als Roth gesehen wurde. Nur musste, um den positiven Beweis hierfür in jedem Falle liefern zu können, für jedes Object der Farbentafel festgestellt werden, innerhalb welcher Grenzen es excentrisch noch wahrnehmbar sei. Es wurde deshalb bei hellster Beleuchtung für die besten und geübtesten Augen am Perimeter fest-

gestellt, innerhalb welcher Grenzen die Objecte von cFm $^{15}/_{15}$ in 5 Mtr. Entfernung excentrisch erkannt zu werden vermochten. Es ergab sich, wie auf der Hilfstabelle zu sehen, dass sowohl cFm $^{15}/_{15}$, als auch von cFm $^{14}/_{15}$ Roth und Gelb nur mit der Fovea centralis gesehen werden können, nota bene wenn man für die Fovea willkürlich ein centrales Netzhautareal von $2^{0}$ h. und $2^{0}$ v. Durchmesser in Anspruch nimmt. In gleicher Weise wurde für alle übrigen Objecte der Farbentafel festgestellt, wie weit sie excentrisch erkennbar seien. Demgemäss sind die Rahmen der Hilfstabelle folgendermassen zu verstehen. Alles, was innerhalb des dünnpunctirten Rahmens liegt, vermag nur erkannt zu werden, so lange die Macula ($10^{0}$ : $5^{0}$) normal functionirt. Alles, was innerhalb des dick ausgezogenen Rahmens liegt, vermag nur erkannt zu werden, wenn ein centrales Netzhautareal von $30^{0}$ : $15^{0}$ normal functionirt, u. s. w. für die übrigen Rahmen. Jetzt wurde es an Hand der Rahmen verständlich, warum bei erblindeter Macula Blau in Reihe cFm $^{11}/_{15}$, aber Roth nur in Reihe cFm $^{7}/_{15}$ erkennbar ist, warum bei erblindeter Fovea für Blau und Grün cFm $^{14}/_{15}$, für Roth nur cFm $^{12}/_{15}$ oder noch weniger bestehen konnte. Denn bei erblindeter Macula konnte nur noch die Peripherie wirksam sein, zunächst der paracentrale Theil, welcher auf der Hilfstabelle mit dick ausgezogenen Linien eingerahmt ist. Innerhalb dieses kann nun entweder normale Function bestehen, dann würde von jeder Farbe die am höchsten stehende erkannt werden, d. h. also cFm $^{11}/_{15}$, nur für Roth cFm $^{9}/_{15}$. Besteht aber innerhalb des paracentralen Theils eine Lichtsinn-Anomalie, dann wird Blau schlechter erkannt werden, als es die oberste Grenze des Rahmens angiebt, während Roth viel weniger sich betheiligt zeigt; besteht eine Anomalie der Refraction oder des nervösen Apparats, so leidet Roth bedeutend, Blau kaum. Es würde auch Grün bei Erkrankung des nervösen

Apparates leiden, wie es ja aus dem Resultat der Prüfung mit grossen Quadraten hervorging, aber an der Farbentafel sind die Dimensionen des Grün viel zu gross im Verhältniss zu denen des Roth, als dass die erworbene Grünblindheit in demselben Maasse hervortreten könnte wie die erworbene Rothblindheit. Folgende Beispiele sollen das Verständniss des Gesagten fördern.

Herr S. cV = $^{5}/_{50}$. cFm $^{13}/_{15}$, nur Roth $^{9}/_{15}$.

Ein Blick auf die bei cV $^{5}/_{50}$ stehenden Farbensinnwerthe der Hilfstabelle lehrt, dass Lichtsinnanomalie etc. nicht vorliegen könne. Nun bleibt noch Refractions-Anomalie oder centrales Scotom. Gläser bessern nicht, folglich muss centrales Scotom (resp. centrale Trübung) vorliegen. Der Augenspiegel zeigt absolut klare Medien. Am Perimeter wird ein absolutes centrales Scotom constatirt.

Der Perimetercontrolle hätte es gar nicht bedurft. Die Mehrzahl der erkannten Objecte lag in dem zweiten Rahmen der Hilfstabelle, d. h. sie wurden mit der Macula lutea (der Hilfstabelle) gesehen. Nur Roth fehlte im zweiten Rahmen; es lag im dritten. Für Roth war die Macula demnach insufficient. Es musste das Scotom also auf nervöser Affection beruhen. Zahllose Beispiele liessen sich zum Belege für die Sicherheit dieser Art Diagnose anführen.

Folgendes Beispiel soll zeigen, wie sich an Hand der Rahmen sogar die Diagnose auf relatives oder absolutes centrales Scotom stellen lässt:

Herr J. cV $^{5}/_{10}$. cFm $^{12}/_{15}$, nur Blau $^{11}/_{15}$.

Dass keine Lichtsinn-Anomalie oder diffuse Trübung vorliegen, lehrt ein Blick auf die Hilfstabelle. Da Gläser nicht bessern, steht die Diagnose des centralen Scotoms (mit seiner Untergruppe: centraler Trübung, erworbener Farbenblindheit) fest. Die Medien erweisen sich klar; der

Umstand, dass Blau schlechter als Roth und Grün gesehen wird, lässt erworbene Farbenblindheit fortfallen. Es muss also ein centrales Scotom κατ᾿ ἐξοχὴν bestehen. Die Mehrzahl der erkannten Objecte liegt im zweiten Rahmen, wurde also mit der Macula gesehen, nur Blau liegt im dritten Rahmen; die Macula erkennt demnach Blau schlechter als Roth, sie ist mithin lichtsinnkrank, es besteht ein relatives centrales Scotom. Ophthalm. Diagnose: Chorioiditis centralis.

Es muss bei dieser Gelegenheit bemerkt werden, dass der Ausschluss von Lichtsinn-Anomalien und Trübungen der Medien durch die Hilfstabelle nur für diffuse Trübungen und diffuse Lichtsinn-Anomalien Geltung hat; das centrale Scotom hat demnach als besondere Untergruppen ein relatives und ein absolutes Scotom. Wie an obigem Falle gezeigt, lässt sich zwischen beiden genau unterscheiden. Das centrale Scotom entspricht centraler Lichtsinn-Anomalie, wenn Blau schlechter als Roth (innerhalb des Rahmen der Hilfstabelle) erkannt wird, es entspricht einer Erkrankung der nervösen Leitung, wenn Roth schlechter als Blau erkannt wird. Mit dem centralen Lichtsinn-Scotom ist stets verhältnissmässig gute Sehschärfe verbunden, mit dem centralen Sehnerven-Scotom stets verhältnissmässig schlechte, wie denn überhaupt cFm für Roth annähernd einen Schluss auf die Sehschärfe gestattet. Wer das Roth im ersten Rahmen der Hilfstabelle (Fov. centr.) erkennt, hat ganz sicher normale Sehschärfe, wenigstens bei heller Tagesbeleuchtung. Wird nur das Roth im zweiten Rahmen erkannt, so lässt sich wohl behaupten, dass die Sehschärfe nicht übernormal ist, aber ob sie normal ist, dafür giebt es nur einen Wahrscheinlichkeitsschluss, der um so geringer ist, je grösser das Roth ist, welches erfordert wird. Desshalb stellt man auch an der Hand der Hilfstabelle die

### 4. Diagnose der Sehschärfe bei Anaphalbeten und Simulanten.

Soldat P. behauptet auf dem rechten Auge seit einigen Tagen schlechter zu sehen als früher.

cV $^5/_{20}$. Da er cFm $^{15}/_{15}$ zugiebt, so ist er eo ipso der Simulation überführt; denn es kann Jemand mit cV $^5/_5$

wohl cFm $^{15}/_{15}$ haben, aber niemals Jemand mit cV $^{5}/_{20}$. In der That liess sich nach energischem Zureden cV $^{5}/_{5}$ nachweisen.

Lehrbube K. behauptet durch die Feuerung in der Goldschmiede seines Meisters derart geblendet zu sein, dass er auf beiden Augen blind geworden.

cV: Beiderseits Handbewegungen und deren Richtung. Tuchquadrate werden in nächster Nähe nicht erkannt. Es konnte demnach für den unbefangenen Untersucher nur Medientrübung oder Lichtsinn-Anomalie vorliegen. Und zwar war Letzteres das Wahrscheinlichere, denn die intensivste Linsentrübung lässt, wenn sie noch Handbewegungen uud deren Richtung zu sehen gestattet, laut Hilfstabelle noch Tuchquadrate in $^{1}/_{2}$—$^{3}/_{4}$ Meter erkennen. Nun fehlte in der That die leiseste Trübung der Medien und der Augengrund selbst zeigte nicht die geringste Abnormität. Der Verdacht der Simulation musste deshalb wach werden und der Erfolg rechtfertigte denselben.

Kind H. S. Analphabet cFm $^{15}/_{15}$. Folglich sicher normale Sehschärfe. Nach einiger Zeit auf die Snellen'sche Hakentafel eingeübt: cV = $^{7}/_{6}$.

### 5. Diagnose der Lichtsinn-Anomalie.

Frau B. cV = $^{5}/_{6}$, cFm $^{10}/_{15}$. Die Hilfstabelle zeigt neben cV $^{5}/_{6}$ cFm $^{10}/_{15}$, d. h. sie giebt zu, dass Jemand der cV $^{5}/_{6}$ in Folge von Lichtsinn-Anomalie etc. hat, allenfalls im Stande sei, die Objecte von cFm $^{10}/_{15}$ zu erkennen, kleinere sicher nicht. Damit ist Refractions-Anomalie und centrales Scotom von vorneherein ausgeschlossen; die Diagnose schwankt zwischen Trübung und Lichtsinn-Anomalie. Der Spiegel zeigt völlig klare Medien. Folglich muss Lichtsinn-Anomalie die Ursache sein; dies wird an der Farbentafel mit Hilfe des Seidenpapier-Apparates folgendermassen bestätigt:

Die Tagesbeleuchtung, an der Farbentafel gemessen,

gestattet normalen Augen cFm $^{14}/_{15}$ zu erkennen; es ist also H $^{14}/_{15}$.

Pat. erkennt bei H $^{14}/_{15}$ cFm $^{10}/_{15}$.

Setzt man H durch Vorschieben eines Rahmens mit vier Seidenblättern herab auf H $^{10}/_{15}$, so müsste nun cFm $^{6}/_{15}$ sein; indessen Pat. hat bei H $^{10}/_{15}$ nur cFm $^{1}/_{15}$. Man schreibt dieses L $^{1}/_{15}$ (H $^{10}/_{15}$), d. h. der Lichtsinn, bei H $^{10}/_{15}$ geprüft, zeigte sich um $^{9}/_{15}$ herabgesetzt.

Diagnose: Glaucoma chronicum.

Wenn wir im theoretischen Theil betont haben, dass eine umfassende Lichtsinnprüfung sämmtliche Unterschiedsschwellen zu berücksichtigen habe, so ist für die Praxis dennoch selten mehr erforderlich, als dass man einige Unterschiedsschwellen ermittelt.

Herr Schr. cV $^{5}/_{5}$?, cFm $^{8}/_{15}$ nur Blau und Grün $< ^{1}/_{15}$, also rothe und gelbe Objecte bei 7 mm Durchm. noch erkannt, blaue und grüne nicht mehr bei 50 mm Durchm. Daraus ist die Lichtsinn-Anomalie einfach abzulesen; denn wenn blau trotz des grossen Durchmessers nicht erkannt wird, obwohl roth noch bei 7 mm Durchm. erkannt wird, so kann doch nur die Lichtschwäche des Blau die Schuld tragen, aber auch ohne diese Ueberlegung lehrt ein Blick auf die Hilfstafel, dass Pat. weniger erkennt, als bei Medientrübung und Lichtsinn-Anomalie für cV $^{5}/_{5}$? daselbst notirt ist, somit ist Refractions-Anomalie und centrales Scotom auszuschliessen. Der Spiegel zeigt klare Medien aber glaucomatöse Excavation.

Herr E. cV $^{5}/_{10}$, cFm $^{9}/_{15}$. Pat. erkennt also gerade diejenigen Objecte der Farbentafel, die er erkennen müsste, wenn seine Sehschärfe durch Herabsetzung der Beleuchtung (i. e. Trübungen oder Lichtsinn-Anomalie) gelitten. Ohne Spiegel lässt sich entscheiden, ob Trübungen vorhanden oder nicht, nur mit Hilfe des Seidenpapier-Apparats.

Wären es nämlich Trübungen, welche die Sehschärfe des Herrn E. bis auf cV $^{5}/_{10}$ herabgesetzt, so wären die-

selben gleichzusetzen einer Verdunklung der hellen Tagesbeleuchtung für ihn durch 6 Blätter Seidenpapier. Dann müsste Pat. bei H $^{11}/_{15}$ (d. h. Herabsetzung der Beleuchtung durch einen Rahmen mit 4 Blättern) cFm $^{5}/_{15}$ haben. Aber er erkennt dann nur noch die grosse Tuchquadrate. Folglich leidet er an Lichtsinn-Anomalie, was freilich auch ein Blick mit dem Spiegel sofort hätte sicher stellen können, da die Medien sich durchaus klar zeigten. Diagnose: Glaucoma chronicum.

Herr F. cV $^{5}/_{20}$, cFm $^{5}/_{15}$, nur für Roth $^{1}/_{15}$, Gelb $^{6}/_{15}$.

Hiernach sollte man glauben, dass roth schlechter gesehen wurde als blau; dies ist jedoch, wie die Hilfstabelle zeigt, nur scheinbar; denn Roth $^{1}/_{15}$ liegt innerhalb des vierten Rahmens, während das blaue und grüne Object innerhalb von Rahmen liegen, die ein grösseres Netzhaut-Areal umfassen, d. h. das Netzhaut-Areal $50^0 : 35^0$ (d. i. der vierte Rahmen) vermochte nur roth und gelb zu erkennen, dagegen nicht blau und grün. Dies kann nur vorkommen, wenn das betreffende Netzhaut-Areal durch Trübungen der brechenden Medien oder durch Lichtsinn-Anomalien leidet (s. p. 48). Bei Refractions-Anomalien würde cFm höher liegen müssen als die Zeile neben cV $^{5}/_{20}$, nämlich cFm $^{1}/_{15}$. Nun ist freilich für Blau und Grün cFm höher als $^{1}/_{15}$, nämlich $^{5}/_{15}$ und für Gelb sogar $^{6}/_{15}$; indessen gilt bei der Entscheidung, ob Refractions-Anomalie oder nicht, der Werth der Pigmente nur nach den Rahmen, nicht nach den Zeilen. Dann zeigt sich, dass Roth besser erkannt wird, wie blau, obgleich es eine Zeile tiefer liegt. Dasselbe Raisonnement spricht gegen ein centrales Scotom. Um nun zwischen Medientrübung und Lichtsinn-Anomalie zu unterscheiden, würde man wieder die Beleuchtung herabsetzen können und noch einmal das Farbenmaximum ermitteln. Indessen genügte ein Blick mit dem Spiegel, um sich von der Klarheit der Medien zu überzeugen. Der

ophthalmoscopische Befund constatirte Chorioiditis disseminata.

Das Raisonnement zur Feststellung der Diagnose der Lichtsinn-Anomalie wird um so complicirter, je mehr der Lichtsinn in den verschiedenen Abschnitten der Netzhaut schwankt. Eine diffuse Chorioiditis, eine idiopathische Hemeralopie, eine centrale Chorioiditis bei sonst normalem Gesichtsfeld sind leicht zu ermitteln durch die Hilfstabelle. Wenn jedoch disseminirte chorioiditische Heerde oder ganz periphere Lichtsinn-Anomalien im Gesichtsfeld vorliegen, so ist es denkbar, dass die Methode im Stiche lässt; man hat deshalb unter allen Umständen in jedem halbwegs zweifelhaften Falle den Lichtsinn innerhalb des Gesichtsfeldes einer besonderen localisirten Prüfung zu unterwerfen.

## Der Lichtsinn im Gesichtsfelde.

### A. Die Aussengrenzen.

Die äusserste Zone der Netzhaut ist auch bei hellster Tages-Beleuchtung nur im Stande Helligkeits-Empfindung zu vermitteln.

Nach Landolt (Graefe-Sämisch 1874, Handbuch der gesammten Augenheilkunde III, 70 und Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. 1873: „Farbenperception der Netzhautperipherie“ p. 376) wäre die Netzhaut bis in die äusserste Peripherie fähig, Farbenempfindung auszulösen, wenn die vorgelegten Pigmente nur intensiv genug sind. Dobrowolsky („Ueber die Empfindlichkeit des Auges gegen die Lichtintensität der Farben [Farbensinn] im Centrum und auf der Peripherie der Netzhaut.“ Pflüger's Archiv f. Phys. XII, p. 441), fand dass auch bei stärkster Intensität die beiden äussersten Grade des Gesichtsfeldes nur Weiss zu empfinden vermögen. Wenn D. Weiss-Empfindung und nackte Helligkeits-Empfindung für congruent hält, so kann ich seinen Angaben nur beistimmen, andernfalls ist zu betonen, dass die äusserte Zone der Netzhaut von $1^0$—$2^0$ nicht Weiss, sondern nur farblose Helligkeit zu empfinden vermag. Wenn Klug (Ueber Farben-Empfindung bei indirectem Sehen. Arch. f. Ophth. XXI, 1, p. 251) zu Gunsten Landolts den Satz aufstellt, dass, um die Farbe eines Gegenstandes bei

indirectem Sehen zu erkennen, eine der Empfindlichkeit der betreffenden Netzhautstelle entsprechende Lichtmenge nöthig ist, möge diese nun so zur Netzhaut gelangen, dass die Grösse, oder dass die Lichtintensität des Objects grösser werde, so beweist dieses Factum für die isolirte Empfindlichkeit der äussersten Netzhaut-Elemente nichts, da durch den grösseren Gesichtswinkel sowohl als durch das „bei grosser Lichtintensität durch die Sclera dringende und sich im Auge zerstreuende Licht“ (Dobrowolsky) die benachbarten Endelemente zur latenten Addition (Fick: Eine Notiz über Farben-Empfindung, Archiv f. d. ges. Physiol. XVII, p. 152; Ricco: im Jahresbericht über die Leistungen etc. von Michel. VIII, 108; Brücke: ebenda I, 138) angeregt werden. Uebrigens ist nach Landolt die äusserste Gesichtsfeldgrenze bereits bei 90° erreicht, während die meisten Autoren darin übereinstimmen, dass die äusserste Grenze nach aussen mindestens 100° betrage. Mit Berücksichtigung dieses Fehlers finden die abweichenden Ansichten Landolt's und Dobrowolsky's ihre Erklärung.

Wenn wir ein normales Auge am Perimeter den Nullpunkt fixiren lassen und dann ein Scheibchen Marx-sches Kreideweiss von 15 Mm. Durchmesser von aussen, innen, oben, unten etc. heranbringen, so wird ein „Schimmer" des Weiss in den verschiedenen Richtungen verschieden weit vom Centrum wahrgenommen. Es werden auf diese Weise die Aussengrenzen des Gesichtsfelds gewonnen. Bewegen wir dann das weisse Object in allen Richtungen von der Peripherie her gegen das Centrum und überzeugen uns, dass es, abgesehen vom blinden Fleck, jedesmal dabei an Deutlichkeit zunehme und an keiner Stelle des Gesichtsfeldes undeutlicher gesehen werde, so ziehen wir daraus den Schluss, dass soweit die Grenzen des Gesichtsfeldes denen der Netzhaut entsprechen, letztere normale Empfindlichkeit für farbloses Licht besitze. Die Ermittelung der Aussengrenzen und der normalen Continuität des Gesichtsfeldes ist demnach eigentlich eine Prüfung der Unterschieds-Empfindlichkeit der Netzhaut, nur ohne Berücksichtigung der den Lichtsinn beein-

flussenden Factoren. Die Unterschieds-Empfindlichkeit (U) der Peripherie wie des Centrums der Netzhaut ist ein Produkt aus Gesichtswinkel (v), Contrast (C), Helligkeit der Beleuchtung (H) und Adaptationszeit (t).

Ist H eine constante Grösse, z. B. eine bestimmte Tagesbeleuchtung, so giebt es für jeden beliebigen Werth von v einen von C und umgekehrt (bei Vernachlässigung von t). Wird v durch eine weisse Scheibe von 15 Mm. Durchmesser in Perimeterradius-Entfernung (12″) repräsentirt, so muss diejenige Abdämpfung des Contrastes von Weiss zu Schwarz erst ermittelt werden, welche die Wahrnehmbarkeit der Scheibe in den äussersten Grenzen des Gesichtsfeldes gerade noch gestattet.

Ole Bull hat ein Grau bestimmt (l. c. 83), welches bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung und unter gleichen Umständen ebenso weit nach der Peripherie gesehen wird, als Weiss. Aber Ole Bull setzt dabei ohne Weiteres die Helligkeit der Tagesbeleuchtung als constante Grösse, und thäte er dies selbst mit Recht, so hätte er immer nur einen Werth von U angegeben, den für die helle Tagesbeleuchtung, während bekanntlich U für jeden Grad einer allmälig gedämpften Beleuchtung besonders bestimmt werden muss.

Gröbere Prüfungen des excentrischen Lichtsinns, welche für die nackte Praxis wohl genügen, sind von Schneller (Centralbl. f. prakt. Augenheilkunde 1880, p. 324. „Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Danzig: 1880") und von Mauthner („Die Lehre vom Glaucom". Wiesbaden 1879, p. 42) angegeben. Schneller hält bei der Prüfung der Aussengrenzen dem zu Untersuchenden ein graues Glas vor. Mauthner controllirt die Ausdehnung des bei heller Beleuchtung gefundenen Gesichtsfeldes bei herabgesetzter künstlicher Beleuchtung im verdunkelten Raume. Meyer (Congrès international des sciences médicales. Referirt in „Annales d'oculistique 1884. Juillet-Août-Sept. Discussion, p. 93) prüft das Gesichtsfeld gleichfalls bei künstlicher Beleuchtung verschiedenen Grades und reicht klinisch hiermit aus. Landolt (Graefe-Sämisch l. c. p. 67) meint, es wäre auch ganz leicht, am Perimeter eine kleine Masson'sche Scheibe

etwa von der Grösse einer Taschenuhr anzubringen, welche mit Federkraft einen schwarzen veränderlichen Sector auf weissem Grunde in Rotation versetzte. Diese würde man auf dem Perimeterbogen verschieben und könnte so die Lichtsinnprüfung für jeden Punkt der Peripherie in gleicher Weise vornehmen wie für das Centrum.

Ist der Werth von U bei heller Tagesbeleuchtung durch den kleinsten Werth von v oder bei constantem Gesichtswinkel durch den kleinsten Werth von C ausgedrückt, so handelt es sich ferner darum, die Aussengrenzen mit Beibehaltung der für v und C gefundenen Werthe bei allmäliger Herabsetzung der Beleuchtung zu prüfen.

Durch meine Farbentafel in den Stand gesetzt, die Helligkeit der Tagesbeleuchtung zu messen, bestimmte ich nun bei H $^{15}/_{15}$ für die empirisch besten und zugleich geübtesten Augen die Aussengrenzen des Gesichtsfeldes. Das Marx'sche Weiss von 15 Mm. Durchmesser wurde in schwarzen Sammet eingelassen und nach dem Vorgange Webers (l. c. p. 10) an einem handlichen Stabe befestigt. Um den störenden Einfluss der Hand auszuschalten, zog ich einen schwarzsammetnen Fausthandschuh über. Ich wählte die besten und geübtesten Augen deshalb, weil meine Intentionen darauf gerichtet waren, Maximalwerthe zu erhalten. Ich wünschte, die weitesten Aussengrenzen zu ermitteln, die bei H $^{15}/_{15}$ für Marx'sches Weiss von 15 Mm. Durchmesser überhaupt zur Beobachtung kämen.

Meine diesbezüglichen Resultate waren bereits abgeschlossen, als mir Försters Vortrag „Das Kartennetz zur Eintragung des Gesichtsfeldes" (Bericht über die 15. Versammlung der ophthalmolog. Gesellschaft 1883, p. 131) in die Hände kam. F. tritt für die Aufstellung „eines kleinsten noch normalen Gesichtsfeldes" ein. Merkwürdigerweise stimmten meine Maximalgrenzen mit seinen Minimalgrenzen auf's Haar überein. Wenn wirklich das kleinste noch normale

Gesichtsfeld gleichzeitig das grösste ist, so hätten wir in den Förster'schen Aussengrenzen eine Norm gefunden, wie sie besser nicht gewünscht werden kann. Denn jede Abweichung von der Norm besässe dann den Charakter des Pathologischen und müsste demgemäss auf seine Ursachen geprüft werden. Dieses hatte ich durch Aufstellung von Maximalgrenzen erreichen wollen; dasselbe bewirken Försters Minimalgrenzen. Immerhin ist es vorsichtiger, die Bezeichnung „Minimalgrenzen" zu wählen, da man ja niemals sicher ist, die grösste Leistung ermittelt zu haben, wenn man nicht sämmtliche Augen der Erde geprüft. Dazu kommt, dass die von mir aufgestellten Maximalaussengrenzen bezüglich der Grenzen nach aussen und aussen unten um 5°—15° kleiner sind als die anderer Autoren.

Donders (Die Grenzen des Gesichtsfeldes in Beziehung zu denen der Netzhaut. Arch. f. Ophth. XXIII. p. 255) findet für die Temporalseite der Netzhaut im horizontalen Meridian 103,5°. Reich (Inaug.-Dissert. Petersburg: Material zur Bestimmung der Grenzen des Gesichtsfeldes etc. Referat in Nagels Jahresbericht II. 9) constatirte für dieselbe Richtung bei Emmetropen und Hypermetropen als Maximum 100 °. Dennoch möchte ich die Bezeichnung Maximalgrenzen nicht aufgeben, weil damit angedeutet ist, dass es eine grosse Zahl kleinerer Gesichtsfelder gebe, ohne dass eine besondere Erkrankung bei ihnen vorliege. Denn wenn Jemand von Natur tiefliegende Augen und prominenteren Orbitalrand nebst hohem Nasenrücken hat, so wird man die daraus hervorgehende Verengerung des Gesichtsfeldes nicht zu den durch Krankheit verursachten rechnen. Immerhin wird man es aber begreiflich finden, wenn mit derartig verengtem Gesichtsfeld in tiefer Dunkelheit etwas weniger geleistet wird als mit Maximalgrenzen. Besonders in der unteren Hälfte des Gesichtsfeldes ist jeder Grad, auf den Boden projicirt, wo wir gehen, von grosser Wichtigkeit. Auch wenn Jemand bei höherer Myopie, aber sonst normalem Auge, engere Aussengrenzen hat, so wird man nicht eine besondere Krankheit als Ursache dafür annehmen, sondern den Unterschied einfach in der Refraction begründet sehen. Dass der Unterschied vorhanden ist, darf man aber nicht vergessen und, soweit die Aussengrenzen ein Ausdruck für die Functionsfähigkeit der Netzhaut sind, wird man die Leistung der myopischen Netzhaut für geringer als

die der emmetropischen halten müssen. Dasselbe gilt bezüglich der Einschränkung der Aussengrenzen im höheren Alter. Förster sagt bezüglich der Minimalgrenzen (p. 137): „Sinkt die Grösse unter dieses Minimum, so haben wir einen pathologischen Zustand zu vermuthen." Als solche pathologische Zustände, meine ich, wird man dann öfters senile Veränderungen, Myopie, Hypermetropie, tiefliegende Augen etc. ermitteln. Förster findet in dem kleinsten normalen Gesichtsfeld eine Analogie mit dem kleinsten Distinctionswinkel, welcher conventionell zu 5′ gerechnet werde, in Wirklichkeit aber bedeutenden Schwankungen unterliege. Diese Analogie würde vorliegen, wenn nicht das kleinste normale Gesichtsfeld zugleich das grösste wäre. Hätte F. bei der Aufstellung der Minimalgrenzen jene grosse Zahl kleinerer Gesichtsfelder bei Myopen etc. mit in Rechnung gezogen, dann wäre allerdings eine Analogie zu Stande gekommen, welche F. glücklicherweise vermieden. Denn gerade bei der Sehschärfe zeigt es sich zur Evidenz, wie fehlerhaft es ist, die Norm einer Function in deren Minimalleistung zu suchen. Wenn man sich begnügt, jeder Sehschärfe von $^6/_6$ den Titel der normalen beizulegen, so vernachlässigt man die Ursachen, welche die Unterschiede von cV $^{12}/_6$—$^6/_6$ bedingen; andererseits kommt man dazu, bei entschieden pathologischen Zuständen normale Sehschärfe zu ermitteln. Erst durch die Aufstellung von Maximalleistungen, sowohl für Sehschärfe als für Gesichtsfeld, werden wir dazu kommen, die sogenannten „individuellen Verschiedenheiten" auszumerzen, indem wir die Ursachen derselben ergründen.

Den Ansichten, welche Förster über die Lage des Fixationspunkts äussert, über die Entfernung der Parallelkreise unter einander, die Bezifferung der Meridiane etc. kann ich nur beipflichten. Wenn ich trotzdem es für rathsam gefunden habe, nicht die Förster'schen Schemata zu benutzen, sondern mir besondere (bei M. Herschel, Bonn) anfertigen zu lassen, so hatte ich folgende Gründe. Es genügt nämlich der von mir verlangten Genauigkeit der Perimetrie nicht, nur den Durchmesser der Probeobjecte anzugeben, sondern es ist ferner erforderlich, auf jedem Gesichtsfeld zu bemerken

H = (die Helligkeit der Tagesbeleuchtung nach meiner Farbentafel),

Objectgrösse = (v),
Objectmaterial = (C).

Aus praktischen Gründen sind die Schemata in grösserem Maasstabe angelegt wegen etwa einzutragender centraler Scotome. Der Vollständigkeit wegen ist für jedes Auge ausserdem die Angabe von

cV =
cFm =
cL =

verlangt, und eine Rubrik pL: soll die Angaben über den peripheren (excentrischen) Lichtsinn enthalten. Sind alle Rubriken ausgefüllt, so verfügen wir über eine Functionsbeschreibung, welche an theoretischer Genauigkeit und praktischer Zweckmässigkeit kaum etwas zu wünschen übrig lassen dürfte.

Im beigegebenen Schema (s. Tafel IV) sind die Maximalaussengrenzen niedergelegt. Dieselben sind congruent den Förster'schen Minimalaussengrenzen. Nach Hirschbergs (Realencyclop. der gesammten Heilkunde I. Amblyopie) und Försters (l. c.) Vorgange sind die Aussengrenzen auf jedem meiner Schemata verzeichnet.

Die Prüfung der Aussengrenzen bei künstlich durch den Seidenpapierapparat herabgesetzter Beleuchtung ergab folgendes Resultat:

Die Aussengrenzen bleiben trotz Herabsetzung der Beleuchtung durch 15 Blätter Seidenpapier (H = 0) unverändert; selbst 24 Blätter Seidenpapier bewirken kaum eine Einengung derselben.

Um die Fixation bei herabgesetzter Beleuchtung zu ermöglichen, ist es gut, den Fixirpunkt mit Kreide anzugeben, oder den Patienten den eigenen auf den Nullpunkt des Perimeters gehaltenen Zeigefingernagel fixiren zu lassen. (cf. Graefe-Sämisch III, p. 79. Snellen-Landolt.)

Für die klinische Perimetrie gewährt der Seidenpapierapparat grosse Vortheile. Ganz abgesehen von der

numerischen Bestimmung der Beleuchtung bietet allein die technische Vorkehrung die bequemste Gelegenheit, jedes bei heller Tagesbeleuchtung aufgenommene Gesichtsfeld bei herabgesetzter Beleuchtung zu controlliren. Dies ist bei sämmtlichen während des letzten Jahres in die Sattler'sche Augenklinik gekommenen Patienten benutzt worden. Inwiefern unsere Kenntniss der excentrischen Lichtsinn-Anomalien dadurch gefördert wurde, mögen folgende Beispiele lehren:

I. Diagnose des Torpor retinae aus dem Verhalten der Aussengrenzen bei herabgesetzter Beleuchtung.

1. Herr L. klagt über Hemeralopie.
   cV = $^6/_6$. Hm 1,25.
   cFm $^{12}/_{15}$. Blau $^{10}/_{15}$ (H $^{14}/_{15}$).
   L (am Förster'schen Photometer) $^1/_6$ (5 Mm. Scala).

   p L:
   Bei H $^{14}/_{15}$: Aussengrenzen normal.
   „ H $^2/_{15}$; Einengung von aussen und innen um 15°, von unten her um 50°, von oben her um 30°.

   Bei negativem ophthalmoskopischem Befund Diagnose: Idiopathische Hemeralopie. — Heilung in drei Tagen (klinisch).

2. Frl. W. klagt über Hemeralopie.
   cV $^6/_3$—$^6/_2$. E.
   cFm $^{15}/_{15}$ (H $^{14}/_{15}$).
   cL $^8/_{15}$ (H $^6/_{15}$).
   L (am Förster'schen Photometer) $^1/_6$ (5 Mm.).

   p L:
   Bei H $^{14}/_{15}$: Aussengrenzen fast normal.
   „ H $^{10}/_{15}$: Allseitige concentrische Einengung um 30°—50°.

Bei negativem ophthalmoskopischem Befund Diagnose: Idiopathische Hemeralopie. — Heilung innerhalb drei Wochen (ambulatorisch).

3. Gebrüder E. klagen über lange bestehende Hemeralopie.

cV $^{6}/_{6}$. E.

p L:

Bei H $^{15}/_{15}$: Die Aussengrenzen um 30°—50° allseitig eingeengt.

„ H $^{11}/_{15}$: Um 70°—80°.

„ H $^{7}/_{15}$ wird nirgends mehr ein Schimmer des Marx'schen Weiss wahrgenommen.

Diagnose: Hemeralopie ohne ophthalmoskopischen Befund. — Keine Heilung beobachtet.

4. Herr S. leidet lange an Hemeralopie.

cV $^{6}/_{6}$. E.

L (am Förster'schen Photometer) $< ^{1}/_{625}$ (50 Mm.).

p L:

Bei H $^{15}/_{15}$: Aussengrenzen allseitig um 50° bis 70° eingeengt.

„ H $^{7}/_{15}$ wird kein Schimmer von Weiss mehr wahrgenommen.

Diagnose: Hemeralopie ohne ophthalmoskopischen Befund.

5. Herr H., Arzt, leidet zuweilen an Hemeralopie, unterzieht sich auf meinen besonderen Wunsch der Untersuchung.

cV $^{6}/_{6}$. M 5,0.

cFm $^{13}/_{15}$ (H $^{14}/_{15}$).

cL $^{6}/_{15}$ (H $^{6}/_{15}$).

L (am Förster'schen Photometer) 1 (2 Mm.).

p L:

Bei H $^{14}/_{15}$: Aussengrenzen normal.

Bei H $^2/_{15}$: Aussengrenzen nur von unten her um 50$^0$ eingeschränkt, sonst völlig normal. — Die Controlle ergiebt, dass diese Einschränkung nicht an allen Tagen vorhanden.

Diagnose: Hemeralopie ohne ophthalmoskopischen Befund.

Einmal auf diese eigenthümliche Einschränkung der Aussengrenzen (nur von unten her) aufmerksam geworden, fahndete ich in Bekanntenkreisen nach Hemeralopen und gelangte im Laufe eines Semesters zu 30 Fällen von Hemeralopie ohne ophthalmoscopischen Befund. Sämmtliche Patienten gehörten den gebildeten Ständen an, sämmtliche besassen normale Sehschärfe und am Förster'schen Photometer normalen Lichtsinn. Viele besassen auch normalen Lichtsinn an meiner Farbentafel und bei heller Beleuchtung normale Aussengrenzen. Unsere bisherigen klinischen Methoden der Lichtsinnprüfung, Masson'sche Scheibe und Aubert'sches Dunkelzimmerdiaphragma einbegriffen, ergaben keine functionelle Begründung der geführten Klagen. Erst die besondere auf das Verhalten der Aussengrenzen bei herabgesetzter Beleuchtung gerichtete Aufmerksamkeit führte zum Verständniss dieser Hemeralopie. Sämmtliche zeigten eingeschränkte Aussengrenzen, besonders von unten her, und zwar entweder bereits bei H $^{15}/_{15}$ angedeutet, bei H = $^3/_{15}$ stärker ausgesprochen, oder bei H $^{15}/_{15}$ normale Grenzen und bei H $^3/_{15}$ Auftreten der Anomalie. Bei vielen zeichnete sich die Einschränkung dadurch aus, dass sie bis zu der stärksten Dunkelheit, welche bewirkt werden konnte, stabil blieb. Von einem zweiten höchst bemerkenswerthen Characteristicum in der unteren Gesichtsfeldhälfte dieser Hemeralopen wird weiter unten die Rede sein. Hier sei nur darauf hingewiesen, dass der Grad der hemeralopischen Beschwerden

stets dem Grade der Gesichtsfeld-Einschränkung entsprach. Die grössere Mehrzahl der Untersuchten war kurzsichtig, zwischen 3 u. 12 Dioptrieen. Indessen gab es auch einige Emmetropen und Hypermetropen darunter.

Man werfe mir nicht ein, dass die untere Gesichtsfeldhälfte von dem Körper des Untersuchten beschattet gewesen sei; denn einmal fällt bei der beschriebenen Stellung des Perimetertisches (wenn der Patient nahe genug an den den Seidenpapier-Apparat tragenden Pappladen heranrückt) nur der Schatten des Kopfes auf den Perimeterbogen und zwar nur auf die äussersten 15° desselben, welche nicht in Betracht kommen; andrerseits würde dieselbe Fehlerquelle, falls sie existirte, ja bereits für den normalen Lichtsinn der Peripherie bestanden haben. Die normalen Aussengrenzen engen sich aber bei derselben Versuchs-Anordnung von unten her nicht um ein Minimum ein. Dass die Entfernung des Fixirpunkts von 12″, in welcher höhere Myopen nicht mehr deutlich sehen, die Ursache sei, wird man gleichfalls nicht ernstlich behaupten; denn erstens habe ich mehr als 50 Myopen, zwischen 3 und 20 Dioptrien, daraufhin untersucht und bei diesen, congruent ihrem angeblichen guten Sehvermögen bei herabgesetzter Beleuchtung, niemals Einschränkungen gefunden; ferner aber zeigen ja auch Emmetropen und Hypermetropen dieselbe Anomalie. Eine bestimmte Erklärung für die geschilderte Hemeralopie vermag ich nicht zu geben; doch glaube ich, dass es sich hier, wie bei der idiopathischen Hemeralopie, um eine Anomalie in der Sehpurpur-Production handle, freilich in räthselhafter Weise auf die obere Netzhauthälfte beschränkt. Dass es der Sehpurpur gerade sei, der hier mangelhaft producirt wird, schliesse ich aus der weiter unten geschilderten Thatsache, dass bei allen derartigen Hemeralopen, wie auch bei den idiopathischen Hemeralopieen, die Rothgrenzen über die Blaugrenzen auffällig hinausgehen. Denn wenn der Sehpurpur wie es von vielen Autoren (Treitel, Graef. Arch. f. Ophth. 1879: Ueber den Werth der Gesichtsfeld-Messungen etc. XXV, II. 37) angedeutet wird, die rothen Strahlen durch Absorption den blauen gegenüber schwächt, so wird bei mangelndem Sehpurpur das Uebergreifen der rothen Grenzen über die blauen erklärlich.

## II. Diagnose der Hyperästhesia retinae aus dem Verhalten der Aussengrenzen bei herabgesetzter Beleuchtung.

Frau M. R. ist wegen doppelseitiger Stauungspapille in klinischer Behandlung.

p L:

bei H $^{14}/_{15}$: Aussengrenzen allseitig um 20° bis 50° eingeengt (absolutes centrales Scotom),

bei H $^{2}/_{15}$: Aussengrenzen normal (kein centrales Scotom).

Es ist dies leider der einzige Fall von Hyperästhesia retinae, der mir zur Beobachtung gekommen. In der Literatur habe ich nur einen von Hirschler beschriebenen Fall gefunden, der diesem anscheinend gänzlich analog ist. („Zur Casuistik der Anästhesie und Hyperästhesie der Netzhaut." Wiener medic. Wochenschrift. 1874. Nr. 42—44). Es handelt sich dort gleichfalls um einen Fall von Stauungspapille (nach Scharlach aufgetreten). Die Hyperästhesie war so exquisit, dass bei der Kerzenflammenprüfung „hell" angegeben wurde, wenn man die Flamme verdeckte, „dunkel" wenn sie freigelassen ward.

Wenn Hirschler (l. c.) die Nyctalopie als Ausdruck der bei Intoxications-Amblyopieen bestehenden Hyperästhesie auffasst, so kann ich mich nur der gegentheiligen Ansicht Bjerrum's (l. c.) anschliessen, welcher betont (p. 216), dass „eine Herabsetzung des Raumsinnes an und für sich desto weniger hervortrete, je geringer die Beleuchtung sei." Danach wäre die Nyctalopie nur ein relatives Bessersehen. Wenn nach Förster (Graefe-Sämisch. VII, p. 50: „Beziehungen der Allgemeinleiden etc.") die Nyctalopen manchmal auch absolut besser sehen, so ist dies auch ohne Annahme einer eigentlichen Hyperästhesie durch grössere Ausbildung des excentrischen Sehens erklärlich.

## III. Diagnose der excentrischen Lichtsinn-Anomalieen bei sichtbaren Erkrankungen des Augengrundes aus dem Verhalten der Aussengrenzen bei herabgesetzter Beleuchtung.

1. Herr Sch. zählt Finger in 2 Meter.

p L:

bei H $^{15}/_{15}$: Aussengrenzen normal,

„ H $^{3}/_{15}$: fällt die mediale Gesichtsfeldhälfte aus.

Ophth. Diagnose: Chorioidealruptur.

2. Frl. C. cV $^{6}/_{24}$, M. 1,75.

p L:

bei H $^{15}/_{15}$: Aussengrenzen normal. Ausser einem Ringscotom zahlreiche disseminirte Scotome, theils relative, theils absolute nachweisbar,

bei H $^{3}/_{15}$: Sectorenförmige Einschränkung der Aussengrenzen, entsprechend gewissen peripheren Scotomen; das Ringscotom hat an Umfang zugenommen.

Ophth. Diagnose: Chorioiditis disseminata.

3. Herr C. V. Finger in nächster Nähe.

p L:

bei H $^{15}/_{15}$: Aussengrenzen normal,

„ H $^{3}/_{15}$: kein Schimmer von Weiss wird mehr wahrgenommen.

Ophth. Diagnose: Chorioiditis disseminata.

4. Frl. D. cV $^{6}/_{6}$.

p L:

Bei H $^{15}/_{15}$: Aussengrenzen normal. Mehrere disseminirte Scotome mit Objecten von 2 Mm. Durchmesser nachweisbar.

„ H $< 0$: Aussengrenzen unverändert normal. Kein Scotom innerhalb derselben nachweisbar.

Ophth. Diagnose: Chorioidit. disseminat. (abgelaufene).

Das Verhalten der Aussengrenzen bei herabgesetzter Beleuchtung und das der Scotome kann nach meinen Erfahrungen bestimmte Anhaltspunkte darüber geben, ob ein ophthalmo-

skopisch nachweisbarer chorioiditischer Herd noch floride oder bereits abgelaufen sei. Denn soviel ich habe beobachten können, vergrössert sich jedes Scotom bei herabgesetzter Beleuchtung so lange die Entzündung floride ist; nach abgelaufener Entzündung bleiben die Scotomgrenzen im Hellen und Dunkeln dieselben. Aehnliches gilt für die Aussengrenzen. Bei florider Chorioiditis können dieselben im Hellen völlig normal sein, während die geringste Verdunklung schon ausreicht, das ganze Gesichtsfeld zum Verschwinden zu bringen; nach abgelaufener Chorioiditis können sich die Aussengrenzen trotz ophth. Befunde im Hellen und Dunkeln völlig normal verhalten.

5. Frl. G. zählt Finger in 2 Meter.

p L:

Bei H $^{13}/_{15}$: Aussengrenzen allseitig um 20° bis 50° eingeschränkt.

„ H $^{1}/_{15}$: Es wird nirgends mehr ein Schimmer von Weiss wahrgenommen.

Ophth. Diagnose: Ablatio retinae.

6. Herr D. cV $^{6}/_{24}$.

p L:

Bei H $^{14}/_{15}$: Aussengrenzen normal.

„ H $^{6}/_{15}$: Allseitige Einschränkung um 15° bis 50°, am wenigsten nach aussen und innen.

Ophth. Diagnose: Irido-chorioiditis sympathica.

Für die Diagnose der sympathischen Chorioiditis, wie auch für die Diagnose des ersten Beginns einer sich an Iritis anschliessenden Chorioiditis scheint die Lichtsinnprüfung des Gesichtsfeldes grossen Werth zu haben. Mein Material reicht nicht aus, um bestimmte Ansichten darüber zu äussern. Doch habe ich bei einem Falle von sympathischer Reizung eine allseitige Gesichtsfeld-Einschränkung beobachtet, die nebst den andern Reizungssymptomen nach der Enucleation des anderen Auges schwand. Bei Iritis serosa ist es mir öfters gelungen, den Beginn der chorioiditischen Complication aus

dem Gesichtsfeld zu diagnosticiren. In obigem Falle war eine ophthalmoscopische Bestätigung der Diagnose erst lange Zeit nach Constatirung der Lichtsinn-Anomalie möglich.

---

7. Frau B.
cV $^5/_6$.
cFm $^{10}/_{15}$ (H $^{14}/_{15}$).
cL $^1/_{15}$ (H $^{10}/_{15}$).
p L:
Bei H $^{14}/_{15}$: Aussengrenzen allseitig mässig eingeengt.
„ H $^{10}/_{15}$: Allseitige Einengung um 30° bis 40°, am stärksten medial.
Ophth. Diagnose: Glaucoma chronicum.

8. Herr S. cV $^6/_{60}$.
p L:
Bei H $^{14}/_{15}$: Aussengrenzen allseitig mässig eingeengt.
„ H $^2/_{15}$: Es bleibt ein ovalärer Schlitz übrig, wie er für das functionelle Endstadium des Glaucoms charakteristisch ist.
Ophth. Diagnose: Glaucoma chronicum.

9. (und 10.) Herr Sch. (und Frl. Fr.).
Zählen Finger in 2 Meter.
p L:
Bei H $^{15}/_{15}$: Die mediale Gesichtsfeldhälfte fällt haarscharf aus; die laterale kaum eingeengt.
„ H $^3/_{15}$: Es wird kein Schimmer von Weiss mehr wahrgenommen.
Ophth. Diagnose: Glaucoma chronicum.

11. Herr S. cV $^6/_{60}$.
p L:
Bei H $^{14}/_{15}$: Aussengrenzen von innen her fast bis an den Fixirpunkt, von unten her

um ca. 50° eingeengt. Es restirt ein Oval, das nach aussen fast normal weit reicht.

Bei H $^{2}/_{15}$: Das Oval verkleinert sich von aussen, oben und unten her um ca. 20°—40°. Es restirt der typische ovale Schlitz.

Ophth. Diagnose: Glaucoma chronicum.

12. Herr B. cV $^{5}/_{60}$.

p L:

Bei H $^{14}/_{15}$: Aussengrenzen von innen und unten her fast bis an den Fixirpunkt eingeengt, nach aussen und aussen oben fehlen 40°, sonst überall 20°.

„ H $^{6}/_{15}$: Es restirt ein ovaler Schlitz von 15° horizontalem Durchmesser.

Ophth. Diagnose: Glaucoma chronicum haemorrhag.

Es würde ermüden, wollte ich dem Leser sämmtliche Lichtsinnbefunde bei Glaucom mittheilen, über welche ich verfüge; es sind deren 30. In meiner Inauguraldissertation „zur Symptomatologie des chronischen Glaucoms" (Königsberg 1882. Commissions-Verlag von Graefe u. Unzer) habe ich über 41 Glaucomkranke der Jacobson'schen Augenklinik berichtet, ohne über den Lichtsinn bestimmte Aussagen machen zu können. Auf Grund meiner eben beschriebenen Methode glaube ich nun in Betreff des chronischen Glaucoms folgende Thesen aufstellen zu dürfen:

1. Der centrale Lichtsinn kann bei heller Tagesbeleuchtung normal functioniren; bei herabgesetzter Beleuchtung ist er stets alterirt. Die Masson'sche Scheibe kann deshalb im Stiche lassen.

2. Der excentrische Lichtsinn leidet sofort im Beginne der glaucomatösen Erkrankung und zwar giebt es verschiedene Formen der excentrischen Lichtsinn-Alteration.

a) Der Lichtsinn leidet in einer äussersten schmalen ringförmigen Gerichtsfeldzone, welche medial und unten innen den breitesten Durchmesser hat. Die entsprechende Einschränkung der Aussengrenzen kann bereits bei heller Tagesbeleuchtung

nachweisbar sein, sie kann sich aber auch erst bei herabgesetzter Beleuchtung bemerkbar machen. Die mediale Einschränkung kann bis an den Fixirpunkt reichen, sie kann zum völligen Ausfall der medialen Gesichtsfeldhälfte führen, ohne dass die laterale Hälfte mehr als eine mässige periphere Einschränkung zeigt. In letzterem Falle ist der Ausfall aber stets bereits bei heller Beleuchtung nachweisbar.

b) Der Lichtsinn ist innerhalb eines centralen Ovals, welches conform den Gesichtsfeldern bei weiter vorgeschrittenem Glaucom ist, am wenigsten alterirt, d. h. dieses Oval erhält sich bis in die tiefste Dunkelheit hinein, während dasselbe Auge bei heller Tagesbeleuchtung noch normale oder mässig eingeschränkte Gesichtsfeldgrenzen zeigen kann.

Hiermit wären die Mauthner'schen Angaben („Lehre vom Glaucom.“ Wiesbaden 1882) über den Lichtsinn bei Glaucom für das chronische Glaucom Graefes, Jacobsons etc. bestätigt; für das Mauthner'sche Glaucoma simplex, welches ohne Druckerhöhung und ohne Excavation auftreten kann (l. c. p. 2) und welches nach Mauthner ganz besonders durch Hemeralopie charakterisirt ist, kann ich nichts bestätigen, weil solche Glaucome bei aller Sorgfalt der Untersuchung bisher in der Sattler'schen Klinik nicht entdeckt werden konnten.

## B. Die Farbengrenzen.

Der Farbensinn der Netzhaut-Peripherie kann gleich dem der Macula nach zwei Richtungen hin geprüft werden, nämlich qualitativ und quantitativ.

Die qualitative Prüfung ermittelt, ob die Farbenempfindung als solche auch den excentrischen Theilen der Netzhaut entsprechend in normaler Weise vorhanden sei. Sie setzt normale Sehschärfe und normalen Lichtsinn der Peripherie voraus.

Diejenige Farbensinn-Anomalie, welche bedingt ist durch Abnehmen der Sehschärfe oder des Lichtsinns, ist quantitativer Natur.

Die qualitative d. h. echte Farbenblindheit ist dadurch ausgezeichnet, dass die Empfindung einer bestimmten Farbe auch dann nicht zu Stande kommt, wenn die Probe-

objecte unter den empirisch günstigsten Verhältnissen geboten werden.

Die quantitative Farbenblindheit, von Holmgren („sur le sens des couleurs." Kopenhagener internationaler medicinischer Congress. 1884. Sitzung der ophth. Section vom 16. August) treffend falsche genannt, ist dadurch charakterisirt, dass die Empfindung einer bestimmten Farbe nicht erloschen, sondern nur erschwert ist.

Es giebt keine quantitative Farbenblindheit, bei welcher Sehschärfe und Lichtsinn normal wären; doch sind Sehschärfe und Lichtsinn bei der echten Farbenblindheit nicht immer normal; nur steht dann die Farbenblindheit in keinem Verhältnisse zu den functionellen Anomalieen.

Für den Nachweis der echten Farbenblindheit besitzen wir eine grössere Anzahl Methoden, von denen sich die Wollenwahl-Methode (nach Holmgren oder Cohn, mit Holmgren'schen, Donder'schen, Mauthner'schen Wollen oder mit Daaes Wollentafel) klinisch am einfachsten gestaltet. Obwohl wir nun im allgemeinen dem Erfahrungssatz trauen dürfen, dass Jemand der im Centrum der Netzhaut farbentüchtig ist (qualitativ), es auch in der Peripherie der Netzhaut sei, so erfordert die Genauigkeit der klinischen Untersuchung dennoch die besondere Prüfung der excentrischen Farbentüchtigkeit. Wenn sich nun die Wollenwahlprobe excentrisch selbst ausführen liesse, was im Ambulatorium seine Schwierigkeiten haben dürfte, so würden wir durch diese Probe über jede Stelle der Netzhautperipherie dennoch keine Auskunft erhalten. Es bleibt deshalb nichts übrig, als perimetrisch jede Netzhautstelle daraufhin zu untersuchen, ob sie im Stande sei, die Empfindung von blau, roth, grün, gelb etc. zu vermitteln. Obwohl nun das Nennenlassen der Pigmentnamen behufs Feststellung qualitativer Farbentüchtigkeit in der modernen Wissenschaft verpönt ist, so war es für die Prüfung der Netzhaut-Peripherie dennoch nicht nöthig, davon Abstand

zu nehmen, insofern man die Macula zuvor geprüft. Ist die Macula farbentüchtig, so werden wir den Benennungen der excentrischen Farben-Eindrücke unbedingt Glauben schenken dürfen; ist die Macula farbenblind, so werden wir den Benennungen der excentrischen Farbeneindrücke unbedingt misstrauen.

Normalen Lichtsinn und normale Sehschärfe vorausgesetzt, offenbart sich die Farbentüchtigkeit der Netzhautperipherie durch die *normalen Farbengrenzen*.

Wenn wir bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung kreisförmig ausgeschnittene Stücke des üblichen Heidelberger Blumenpapiers von etwa 15 Mm. Durchmesser am Perimeter von der Peripherie her dem Centrum nähern, so wird zuerst Blau erkannt, dann Roth, dann Grün. Durch zahlreiche Untersuchungen der Farbengrenzen hat man sich überzeugt, dass die Ausdehnung derselben von der Intensität der Pigmente abhängig sei. Demnach können bei qualitativ normalem Farbensinn die verschiedensten Grenzen gefunden werden. Halten wir uns z. B. an die von *Aubert* (Graefe-Sämisch II. 543) aufgestellten Mittelzahlen, so werden wir gelegentlich constatirte Abweichungen nicht sofort für einen Mangel des qualitativen Farbensinnes nehmen, sondern wir werden uns zunächst zu überzeugen haben, ob die Intensität unserer Pigmente dieselbe sei wie die der Aubert'schen. Und da die Intensität der Pigmente abhängig ist

1. von ihrer spectralen Reinheit;
2. von der Intensität der in der Beleuchtung enthaltenen entsprechenden homogenen Strahlung;
3. von der Umgebung;
4. vom Gesichtswinkel;
5. von der Adaptation,

so werden wir alle diese Punkte erst einer Controlle unterwerfen müssen, bevor wir irgend etwas anderes als die

Versuchsanordnung anschuldigen. Haben wir uns von der Congruenz unserer Versuchsanordnung mit der Aubertschen überzeugt, auch dann werden wir den qualitativen Farbensinn nicht eher als Ursache für Abweichungen heranziehen, als bis wir Anomalien der excentrischen Sehschärfe oder des Lichtsinns ausgeschlossen haben. Denn ebenso wenig als wir eine normale Netzhautzone, die bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung kein Roth zu erkennen vermag, für rothblind erklären dürfen, da sie bei gesteigerter Beleuchtung Roth erkennt, ebenso wenig dürfen wir Einengungen der Farbengrenzen durch echte Farbenblindheit verursacht halten, da eventuell nur die Herabsetzung des Lichtsinns die Farbenblindheit vorgetäuscht. Mit anderen Worten, da die qualitative Farbenblindheit dadurch ausgezeichnet ist, dass sie in keinem Abhängigkeitsverhältniss zur Sehschärfe oder zum Lichtsinn steht, so müssen wir bei jeder Anomalie der Farbengrenzen zu unterscheiden lernen, ob dieselbe zu Sehschärfe oder Lichtsinn in Beziehung stehe oder nicht. Für den centralen Farbensinn haben wir das Abhängigkeitsverhältniss der Sehschärfen- und Farbensinn-Anomalien, sowie das der Lichtsinn- und Farbensinn-Anomalien von einander oben festgestellt; für die Peripherie der Netzhaut lässt sich ein Vergleich der Sehschärfe und des Farbensinns aus bekannten Gründen schwer durchführen; ich habe mich deshalb mit dem vergleichenden Studium des excentrischen Farben- und Lichtsinns begnügt.

Nachdem durch Landolt und Donders (l. c.) nachgewiesen, dass die Farbengrenzen mit wachsender Intensität der Pigmente sich erweitern und selbst die äusserste Grenze des Gesichtsfelds erreichen können, verstand es sich gewissermassen von selbst, dass mit abnehmender Beleuchtung die Farbengrenzen eine Einschränkung erfahren mussten. Da nun die meisten Lichtsinn-Anomalien sich bei herabgesetzter Beleuchtung offenbaren, so unter-

warf ich die Farbengrenzen bei herabgesetzter Beleuchtung besonderen Untersuchungen.

Ich liess mir Weber'sche Stäbe anfertigen und in deren schwarzsammetnen Kopf das spektroskopisch untersuchte Marx'sche Roth, Blau und Grün in Scheiben von 15 Mm. Durchmesser einsetzen. Sodann bestimmte ich für dieselben Augen, denen ich die Maximal-Aussengrenzen entnommen, nach derselben Methode die Maximal-Farbengrenzen, zunächst bei H $^{15}/_{15}$, dann bei allmälig durch den Seidenpapier-Apparat herabgesetzter Beleuchtung.

Um den Einfluss der Gesichtsknochen auszuschalten, liess ich nach dem Vorschlage Landolts und Mauthners einen excentrischen Punkt der Scala fixiren. Jedoch halte ich dies bei klinischen Untersuchungen meistens für überflüssig; da aus dem Verhalten der Farbengrenzen zu einander leicht ersichtlich ist, ob eine Einengung der Blau- resp. Rothgrenzen durch vorspringende Gesichtstheile bedingt sei oder nicht.

Die ermittelten Maximal-Farbengrenzen sind in dem beigegebenen Schema (s. Tafel V) niedergelegt. Hinsichtlich ihres Verhaltens bei abnehmender Beleuchtung ergab sich Folgendes:

Die Farbengrenzen engen sich bei Herabsetzung der Beleuchtung von H $^{15}/_{15}$ bis H $^{3}/_{15}$ allmälig etwas ein, bei normalem Lichtsinn aber nie um mehr als 15°; niemals ändert sich dabei die typische Reihenfolge der Farbengrenzen. Setzt man die Beleuchtung noch stärker (durch mehr als 12 Blätter Seidenpapier) herab, so werden die Farbengrenzen immer enger, bis schliesslich (bei mehr als 24 Blättern) zuerst Grün, dann Roth, dann Blau verschwindet; bei derselben Beleuchtung sind die Aussengrenzen unverändert.

Bei dieser Versuchsanordnung schwindet Roth vor Blau; prüft man die Farbengrenzen bei natürlicher Abnahme der Beleuchtung in den Abendstunden, so wird man meistens zu

demselben Resultat kommen. Doch giebt es gewisse Beleuchtungsarten am Abendhimmel, bei welchen Blau vor Roth verschwindet.

Aus diesem Verhalten der Farbengrenzen bei herabgesetzter Beleuchtung ergab sich für die pathologischen Farbensinn-Anomalieen der Peripherie Folgendes:

1. Wenn bei normalen Aussengrenzen (H $^{15}/_{15}$ bis H $^{1}/_{15}$) die Farbengrenzen concentrisch eingeengt sind, wenn Grün oder Grün und Roth aus dem Gesichtsfelde verschwunden sind, obwohl sie normaler Weise bei der gegebenen Beleuchtung noch vorhanden sein sollten, so ist ein solches Gesichtsfeld analog einem normalen bei herabgesetzter Beleuchtung anzusehen und man darf nicht eher wirkliche Farbenblindheit als Ursache dafür annehmen, als bis nachgewiesen ist, dass auch bei gesteigerter Beleuchtung die sonst farbenblinden Zonen farbenblind bleiben.

Tritt die Einschränkung der Farbengrenzen bereits bei voller Beleuchtung auf, so wird der Nachweis des Schwindens der Einschränkung bei hellerer Beleuchtung meistens auf technische Schwierigkeiten stossen. Man kann sich dann auf zweierlei Arten helfen. Entweder man prüft die Aussengrenzen bei herabgesetzter Beleuchtung; dieselben werden bei bestehender Lichtsinn-Anomalie dann meistens schnelle Einschränkungen zeigen; oder man erhöht statt der Helligkeit der Beleuchtung die Empfindlichkeit der cerebralen Centren. Es ist nämlich durch die Untersuchungen Nagel's *), Cohn's **), Peters ***), v. Hippel's †) nachgewiesen, dass derselbe Effect, den die ge-

---

*) Nagel, Behandlung der Amaurosen und Amblyopieen mit Strychnin. Tübingen 1881.

**) Cohn, H., Erfahrungen über die Wirkung des Strychnins auf amblyopische und gesunde Augen. Wiener med. Wochenschr. 1873, p. 959 etc.

***) Peters, Valerius. Inaug.-Dissert. Breslau 1873.

†) v. Hippel, Ueber die Wirkung des Strychnins auf das normale und kranke Auge. Berlin 1873. Bei Otto Müller.

steigerte Beleuchtung auf die Farbengrenzen auszuüben im Stande ist, einerseits durch Uebung, andererseits durch subcutane Strychnin-Injectionen hervorgebracht werden kann. Neueste Beobachtungen lassen mich vermuthen, dass auch Catheterisation der Tuben (Urbantschitsch) die Farbengrenzen zu erweitern vermag.

### Beispiele.

a) Herr Th. hat beiderseits normale Aussengrenzen und ein centrales Scotom, wie es bei Intoxications-Amblyopie typisch ist.

Bei H $^{14}/_{15}$ fehlen beiderseits die Grüngrenzen, rechts auch die Rothgrenzen. Die Blaugrenzen sind beiderseits stark eingeengt.

„ H $^{2}/_{15}$ fehlen auch die Blaugrenzen, während die Aussengrenzen normal sind.

Nach sieben Strychnin-Injectionen (und gleichzeitig diätetischen Massregeln) sind beiderseits sämmtliche Farbengrenzen wiedergekehrt und zwar in fast normaler Ausdehnung.

b) Herr R.

Bei H $^{14}/_{15}$ Aussengrenzen mässig allseitig eingeschränkt. Farbengrenzen concentrisch allseitig um ca. 20° bis 50° eingeengt, am meisten von unten und innen.

„ H $^{2}/_{15}$ Aussengrenzen bis auf einen ovalen totalfarbenblinden Rest eingeengt.

Diagnose: Glaucoma subacutum.

Dass in letzterem Falle keine eigentliche Farbenblindheit die Ursache der eingeschränkten Farbengrenzen war, liess sich aus dem Verhalten bei herabgesetzter Beleuchtung schliessen. Die Gegenprobe mit Strychnin fehlte, war auch überflüssig.

2. Je mehr ein pathologisches Gesichtsfeld von einem normalen bei herabgesetzter Beleuchtung abweicht, um so weniger Grund liegt vor, an eine Lichtsinn-Anomalie zu denken.

Aehnlichkeit zwischen pathologischem Gesichtsfeld und normalem bei herabgesetzter Beleuchtung wird vor Allem durch Disproportionalität der Aussen- und Farbengrenzen bewirkt. Wenn bei stark eingeengten Farbengrenzen die Aussengrenzen fast normal sind, so hat man an Lichtsinn-Anomalie zu denken, sind die Aussengrenzen conform den Farbengrenzen eingeschränkt, so liegt in den ausgefallenen Theilen des Gesichtsfelds keine eigentliche Lichtsinn-Anomalie, sondern abgesehen von einigen selteneren Fällen von Hyperästhesie, absolute Blindheit vor.*)

3. Die Sätze 1 und 2 haben Giltigkeit für jeden beliebigen isolirt erkrankten Netzhaut-Abschnitt resp. für jeden beliebigen noch erhaltenen Netzhautrest.

Beispiele:

a) Frau O.

Bei H $^{14}/_{15}$ Aussengrenzen normal. Farbengrenzen von unten innen her bedeutend eingeengt; am meisten Blau.

Für den hier isolirt erkrankten inneren unteren Quadranten des Gesichtsfelds gilt nun dasselbe, was für das ganze Gesichtsfeld Regel ist. Die Disproportionalität der Aussen- und Farbengrenzen lässt Lichtsinn-Anomalie vermuthen. In der That zeigte sich

bei H $^{2}/_{15}$ im innern untern Quadrant ein sectoren-

---

*) In meiner Inaugural-Dissertation (l. c.) habe ich gegenüber der gegentheiligen Ansicht Mauthner's in 19 Gesichtsfeldern Glaucomatöser das disproportionale Einrücken der Farbengrenzen nachgewiesen. Die damaligen Methoden der Lichtsinnprüfung gestatteten noch nicht, in diesem Verhalten eine Herabsetzung des Lichtsinnes zu sehen, was sich jetzt mit Bestimmtheit vertreten lässt. Wenn demnach auch Mauthner's Angaben der Herabsetzung des Lichtsinns bei Glaucom bestätigt werden müssen, so sprechen dennoch Mauthner's eigene Angaben über die Farbengrenzen bei Glaucom eher gegen Lichtsinn-Anomalie als für dieselbe.

förmiger Defect, während das Gesichtsfeld sonst normal blieb.

Diagnose: Ablatio retinae partialis.

b) Herr Kl.

Bei H $^{14}/_{15}$. Die mediale Gesichtsfeldhälfte fehlt. Die Aussengrenzen der lateralen sind fast normal. Die Farbengrenzen concentrisch hochgradig eingeschränkt.

Die mediale Gesichtsfeldhälfte bleibt, als absolut erblindet, ausser Betracht; die laterale hat grosse Aehnlichkeit mit einer normalen bei herabgesetzter Beleuchtung.

Bei H $^{2}/_{15}$ fällt das ganze Gesichtsfeld aus.

Diagnose: Glaucoma chronic. (subacuter Anfall).

c) Herr R.

Bei H $^{14}/_{15}$: die mediale Gesichtsfeldhälfte fehlt; die laterale ist stark von aussen und unten eingeengt. Roth- und Grüngrenzen fehlen. Blaugrenzen eingeengt disproportional den Aussengrenzen.

Zu erwarten wäre, dass innerhalb des erhaltenen Gesichtsfeldrestes der Lichtsinn herabgesetzt sei.

Bei H $^{2}/_{15}$: sind die Aussengrenzen dieselben.

Auch Strychnininjectionen haben keinen weiteren Erfolg, als eine vorübergehende Erweiterung der Blaugrenzen.

In diesem Falle ist die Ursache der Farbensinn-Anomalie eine erworbene Farbenblindheit, aber eine falsche, die mit Herabsetzung der Sehschärfe complicirt ist.

Diagnose: Atrophia optici.

4. Das Vorhandensein normaler Aussen- und Farbengrenzen bei voller Tagesbeleuchtung ist ein Beleg für die Existenz normaler Helligkeits- und Farbenempfindung, aber kein Beleg für normalen Lichtsinn. Vielmehr ist der Lichtsinn des Gesichtsfeldes im Allgemeinen erst dann als normal anzusehen, wenn die Aussengrenzen von H $^{15}/_{15}$ bis mindestens H $^{1}/_{15}$ unverändert bleiben und die Farbengrenzen sich von H $^{15}/_{15}$—H $^{3}/_{15}$ um höchstens $15^{0}$ concentrisch einengen.

Ich habe nach diesen Principien das Verhalten der Farbengrenzen zur Diagnose der excentrischen Lichtsinn-

Anomalien verwerthet und bin nach zahlreichen Untersuchungen zu folgenden durch ein umfangreiches Material gestützten Resultaten gekommen:

1. Es giebt excentrische Lichtsinn-Anomalien, bei denen die Farbengrenzen disproportional den Aussengrenzen, aber mit Beibehaltung der typischen Reihenfolge sich einschränken. Dieselben kommen zur Beobachtung bei den Erkrankungen der nervösen Leitung, einschliesslich der centralen Centren und beim Glaucom.

Klinische Belege siehe die vorhergehenden Seiten.

2. Es giebt excentrische Lichsinn-Anomalien, bei denen die Farbengrenzen disproportional den Aussengrenzen aber mit Umkehr der typischen Reihenfolge sich einschränken derart, dass Roth weiter gesehen wird als Blau, dass Blau oft aus dem Gesichtsfelde verschwunden ist, wenn Roth noch relativ weite Grenzen hat. Dieselben kommen zur Beobachtung bei allen krankhaften Veränderungen des Pigmentepithels.

Diese typische Anomalie tritt nicht immer bereits bei H $^{15}/_{15}$ auf, oft erst bei herabgesetzter Beleuchtung.

Klinische Belege:

a) Herr L. (cf. S. 59).

Bei H $^{14}/_{15}$: Aussengrenzen normal; Blaugrenzen eingeengt. Roth bedeutend weiter als blau.

Bei H $^{2}/_{15}$: Einengung (cf. S. 59) der Aussengrenzen.

Diagnose: Idiopathische Hemeralopie.

b) Frl. W. (cf. S. 59).

Bei H $^{14}/_{15}$: Aussengrenzen fast normal, Rothgrenzen bedeutend weiter als die eingeengten Blaugrenzen.

Bei H $^{2}/_{15}$: allseitige concentrische Einengung der Aussengrenzen.

Diagnose: Idiopathische Hemeralopie.

c) Herr C. V. (cf. S. 64).

Bei H $^{15}/_{15}$: Aussengrenzen normal. Rothgrenzen bedeutend weiter als Blaugrenzen.

Bei H $^{3}/_{15}$: kein Schimmer mehr von Weiss.
Diagnose: Chorioiditis disseminata.

Diese 3 Beispiele mögen genügen. Bei allen echten Hemeralopien bei allen Chorioiditiden und bei Netzhautablösung (niemals beim Glaucom) habe ich diese eigenthümliche Anomalie beobachtet. Wenn circumscripte Chorioiditiden vorlagen, so war das Uebergreifen der Roth- über die Blaugrenzen nur an der der Erkrankung entsprechenden Gesichtsfeldgrenze zu constatiren. Dem entsprechend fand ich auch bei allen jenen Hemeralopien ohne ophthalmoscopischen Befund, die sich durch Einschränkung der Aussengrenzen nur von unten her auszeichnen, ein Uebergreifen der Rothgrenzen über die Blaugrenzen nur von unten her und zwar entweder schon bei H $^{15}/_{15}$ oder ert bei herabgesetzter Beleuchtung.

Ueber das Glaucom kann ich noch keine bestimmten Angaben machen. Jedenfalls wäre es von hohem Interesse diese Frage für das Glaucom zu erledigen. Denn damit liesse sich entscheiden, ob die Lichtsinn-Anomalie bei Glaucom durch Chorioiditis oder durch Störung der nervösen Leitung (Jacobson: Klinische Beiträge zur Lehre vom Glaucom. Archiv für Ophth. 1884, I. p. 176) bedingt sei. Nach meinen bisherigen Untersuchungen scheint das Letztere der Fall zu sein, wenngleich das Erstere zumal für den allerersten Beginn der glaucomatösen Erkrankung nicht sicher auszuschliessen ist.

---

Die Anregung zu den vorliegenden bereits im Jahre 1879 in Angriff genommenen Studien verdanke ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. J. Jacobson. Der physiologische und klinische Theil wurde in der Sattlerschen Univers.-Augenklinik in den Jahren 1883 und 1884 bearbeitet, und erfreute ich mich während der ganzen Dauer der Arbeit des wohlwollendsten Interesses meines hochverehrten Chefs, des Herrn Professor Dr. Sattler.

---

Druck von W. Büxenstein in Berlin.

# EHRHARDT & METZGER

in

# DARMSTADT

Elisabethenstrasse 47

**chemische, pharmaceut., mineralogische**
**und physikalische**

## APPARATE UND UTENSILIEN.

---

Chemische Präparate



Druck von H. Hohmann, Darmstadt.

# Dr. Louis Wolffberg's

## Apparat zur centralen und perimetrischen Prüfung des Lichtsinns.

| No. | | Mk. | Pfg. |
|---|---|---|---|
| 1 | **2 Isolirungstafeln** mit farbigen Tuchobjecten, eingelegt in schwarzen Sammetgrund, zur quantitativen Prüfung des centralen Lichtsinns, zur numerischen Bestimmung der Tageshelle und zu differential-diagnostischen Zwecken. Dazu 3 Tuchquadrate mit Handgriff, einerseits roth, grün, weiss, anderseits blau, gelb, schwarz . | 36 | — |
| 2 | **Index I und II** zu den Isolirungstafeln auf Carton | 1 | — |
| 3 | **Hilfstabelle** zur Differentialdiagnose zwischen Refractionsanomalie, Lichtsinnanomalie, diffuser Medientrübung und centralem Scotom auf Carton | 2 | — |
| 4 | **Seidenpapier-Apparat** in Holzrahmen . . . . . | 10 | — |
| 5 | **Perimeteretui,** enthaltend Tuchobjecte von 15 m/m und 2 m/m Durchm., eingelegt in schwarzen Sammet, jede Farbe in duplo, für den Schlitten und für 5 im Etui befindliche Weber'sche Stäbe passend, nebst 4 farbigen Stiften . . . . . | 7 | 50 |
| 6 | **Gesichtsfeldschemata** mit eingezeichneten Maximalaussengrenzen . . . . . . . . . 10 Stück | — | 75 |
| 7 | **Normalgesichtsfeld** mit Maximalaussen- und Farbengrenzen . . . . . . . . . . auf Carton | 1 | 50 |
| | Das Ganze in passender und sorgfältiger Verpackung . . . . . . . . . . . . . . . | 63 | — |
| | Es werden auch einzelne Nummern abgegeben. | | |

Dr. Louis Wolffberg's Apparat zur centralen und perimetrischen Prüfung des Lichtsinns wurde auf dem 8. internationalen medicinischen Congress in Copenhagen der ophthalmologischen Section demonstrirt.

Der Apparat ermöglicht es für jede beliebige Sehschwäche sofort die ungefähre Ursache zu ermitteln. Die Hilfstab. (Nr. 3) enthält sämmtliche Sehschärfen, welche klinisch zur Beobachtung kommen von Fingerzählen in nächster Nähe bis zu „$c\ V = 5/3 — 5/2$". Neben jeder Sehschärfe ist die höchste Leistung des quantitativen Farbensinns (centrales Farbensinnmaximum: $c\,F\,m$) angegeben, welche ein Auge besitzt, dessen Sehschärfe durch Lichtsinnanomalie oder diffuse Medientrübung gelitten hat. Die Farbensinnprüfung geschieht mittelst der Isolirungstafeln (Nr. 1) in 5 Meter Entfernung und mittelst der Tuchquadrate (Nr. 1). Ist $c\,F\,m$ kleiner oder gerade so gross als für die betreffende Sehschärfe in der Hilfstabelle angegeben ist, so liegt eine Lichtsinnanomalie oder diffuse Medientrübung vor, ist $c\ F\ m$ grösser, so liegt eine Refractionsanomalie, centrales Scotom oder centrale Trübung vor. Ist $c\ F\ m = 15/15$ (die kleinsten Objecte), so muss $c\ V = 5/5$ oder mehr als $5/5$ sein. So lässt sich also auch bei Alektischen und bei Simulanten durch den Farbensinn normale Seh-Schärfe nachweisen.

Der Seidenpapierapparat (Nr. 4) dient dazu, den Farbensinn central und perimetrisch bei allmäliger numerischer Herabsetzung der Tagesbeleuchtung zu prüfen; hiedurch erhält man den präcisesten Ausdruck zugleich für den Lichtsinn, weil von allen Functionen des Auges der Farbensinn am Meisten von der Beleuchtung abhängt.

Diese Eigenthümlichkeit des Farbensinns gestattet dem normalen Auge jede Aenderung der Tagesbeleuchtung sofort an der Isolirungstafel zu erkennen. Ist die Beleuchtung so stark herabgesetzt, dass man nur die letzte Zeile der Isolirungstafel II erkennt, so ist die Dunkelheit dieselbe, als wie bei hellstem Tageslicht durch 15 Blätter des Seidenpapierapparats erreicht wird. Setzt man die hellste Tagesbeleuchtung bei der die kleinsten Tuchobjecte erkannt werden = 1, die durch 15 Blätter Seidenpapier bewirkte Dunkelheit = 0, so setzt jedes Blatt Seidenpapier die Beleuchtung um $1/15$ herab. Die Zeilen der Isolirungstafeln sind ermittelt bei Beleuchtung ($H =$) $15/15 = 1$ etc. bis $1/15$.

Wellenlänge

Bunsen'sche Scala

700 600 500 400 300

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 0

A a B C D E $b_1 b_2$ F G

Benennung d. Spectralfarben nach Helmholtz (Phys. Opt. 1867. pg. 227.)

| Roth<br>Zinnober | Orange<br>Mennige Bleiglätte | Gelb<br>chromgelb | Grüngelb | Grün<br>Scheelsches | Grünblau | Wasserblau | Indigoblau |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

A B C D E $b_1 b_2$ F G

Dunkelrothes Papier

Dunkelrothes Tuch (45292)

bl. Papier

Ultramarinblaues Papier

Alcaliblaues Tuch (48682)

Grünes Papier

Hellgrünes Tuch (45707b)

Gelbes Papier

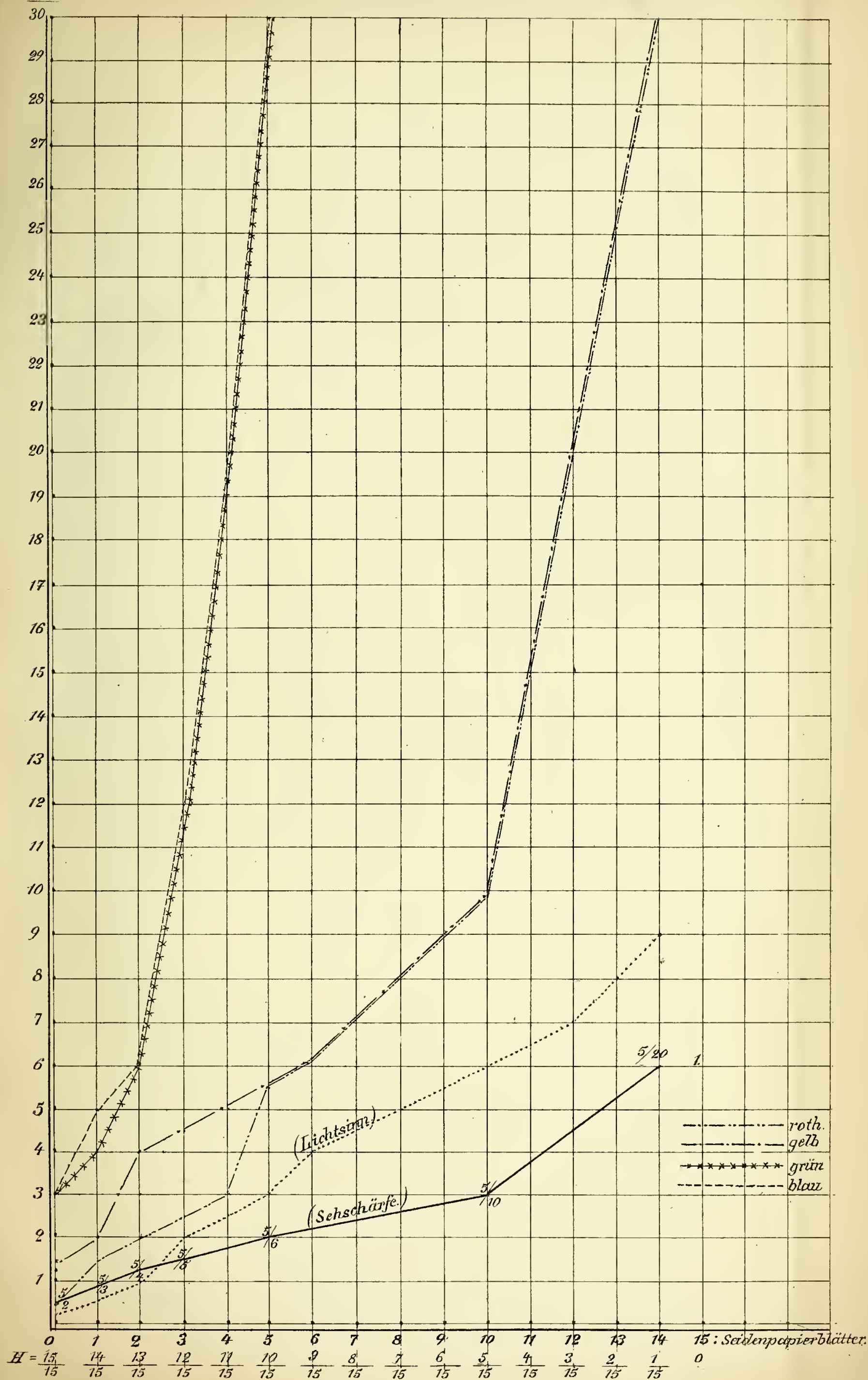
Gelbes Tuch (47933)

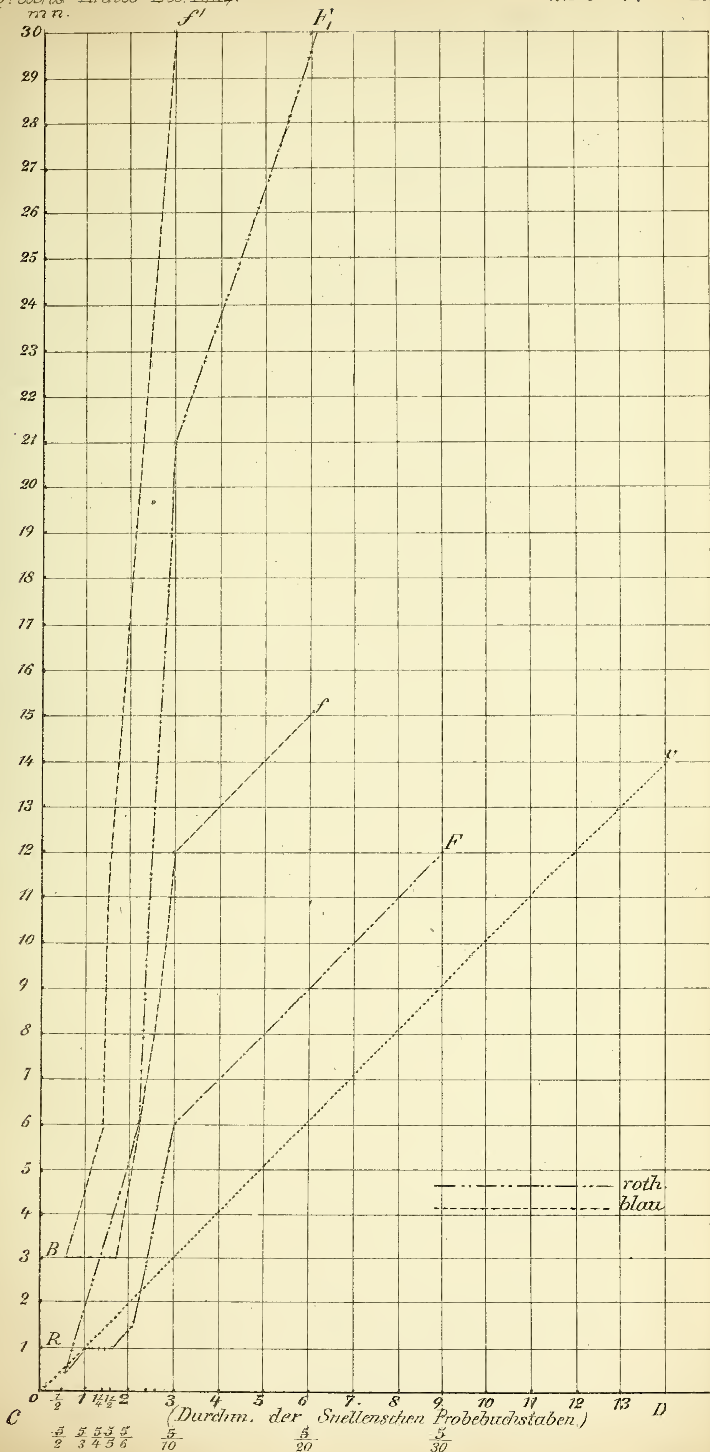
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32

Auberts prismatisch bestimmte Pigmente (Physiolgie der Netzhaut 1865 pg. 163)

| Zinnober | Mennige | Chromgelb | | Grün | | Ultramarin | (Fuchsin) | Weiss |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| R | R | R | | — | | (R) | R | Roth |
| — | G | G | | — | | — | ? | Gelb |
| Gr | Gr | Gr | | (Gr) | | (Gr) | (Gr) | Grün |
| — | — | ? | | (Bl) | | Bl. | (Bl) | Blau |

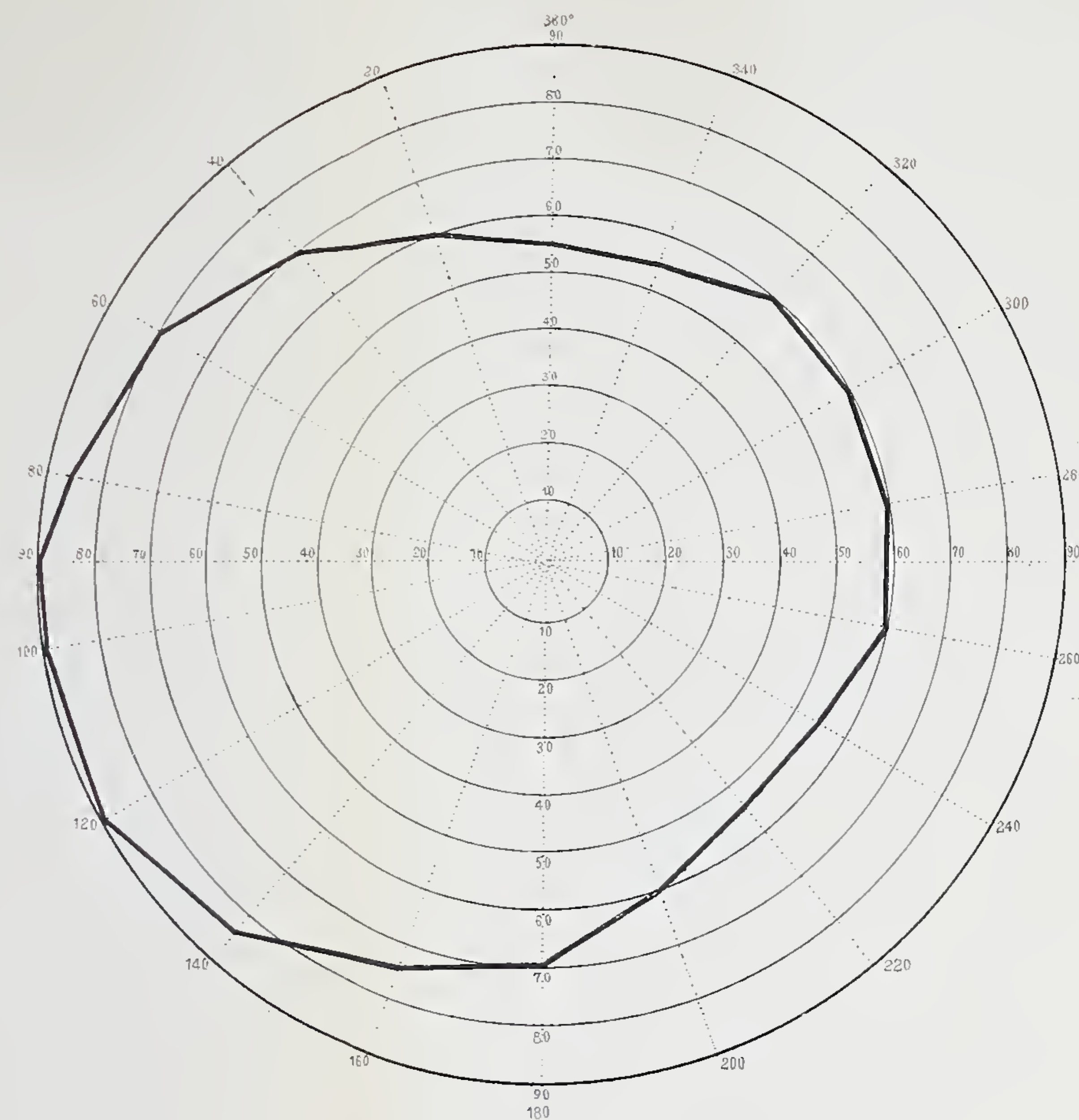
Die eingeklammerten Zeichen bedeuten, dass die Farbe sehr schwach erschien, die Fragezeichen, dass nur Spuren der homogenen Farbe bemerkbar waren.


mm
roth.
gelb
grün
blau
(Lichtsinn.)
(Sehschärfe.)
5/20
1.
5/10
5/6
5/5
5/4
5/3
5/2
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 : Seidenpapierblätter.
H = 15/15 14/15 13/15 12/15 11/15 10/15 9/15 8/15 7/15 6/15 5/15 4/15 3/15 2/15 1/15 0


mm.
f'
F1
f
F
v
B
R
C
D
roth
blau
(Durchm. der Snellenschen Probebuchstaben.)
0 ½ 1 1¼ 1½ 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
5/2 5/3 5/4 5/5 5/6 5/10 5/20 5/30
30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

Diagnose:
(C.D.)

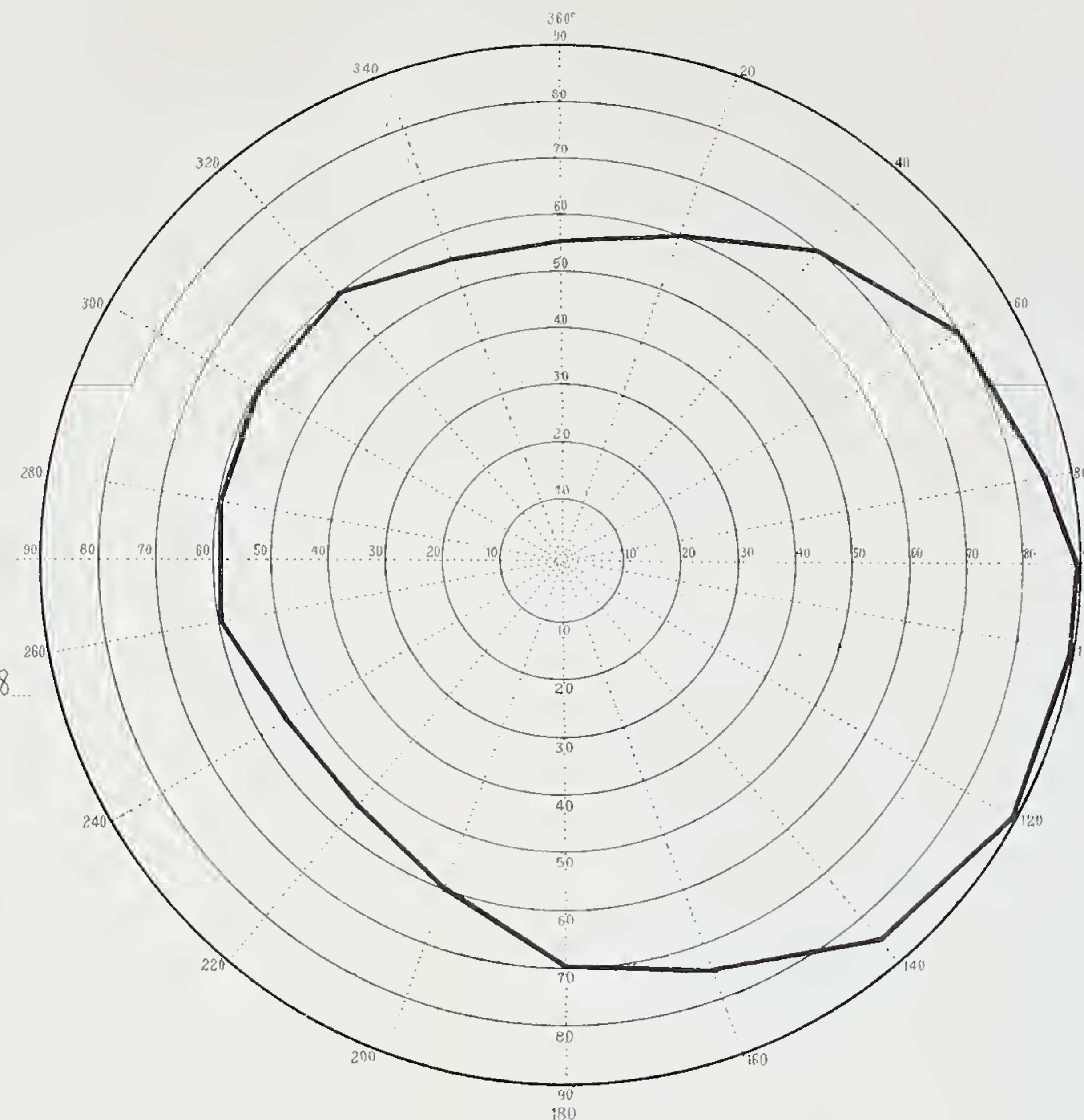
H =
Objectgrösse =
Objectmaterial :



Name:

Journal No

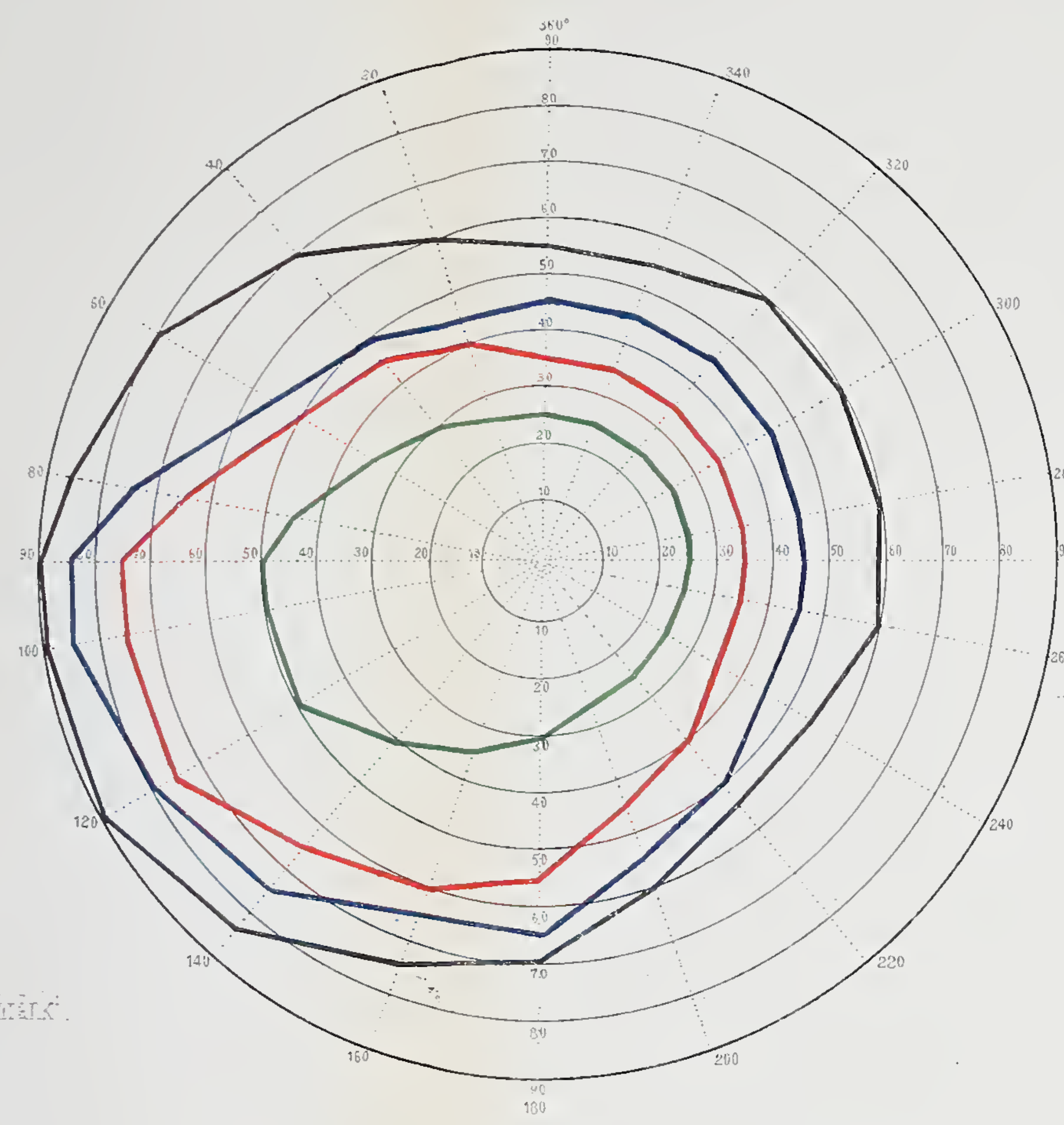
Datum:
188 ... 188



cV -
cFm -
cL -
pL:

MAX HERSCHEL
Lithogr. Kunstinstitut
BONN.
(Schema zur perimetr. Farben-u. Lichtsinnprüfung von Dr. Louis Wolffberg)

Diagnose:
(C.D.)

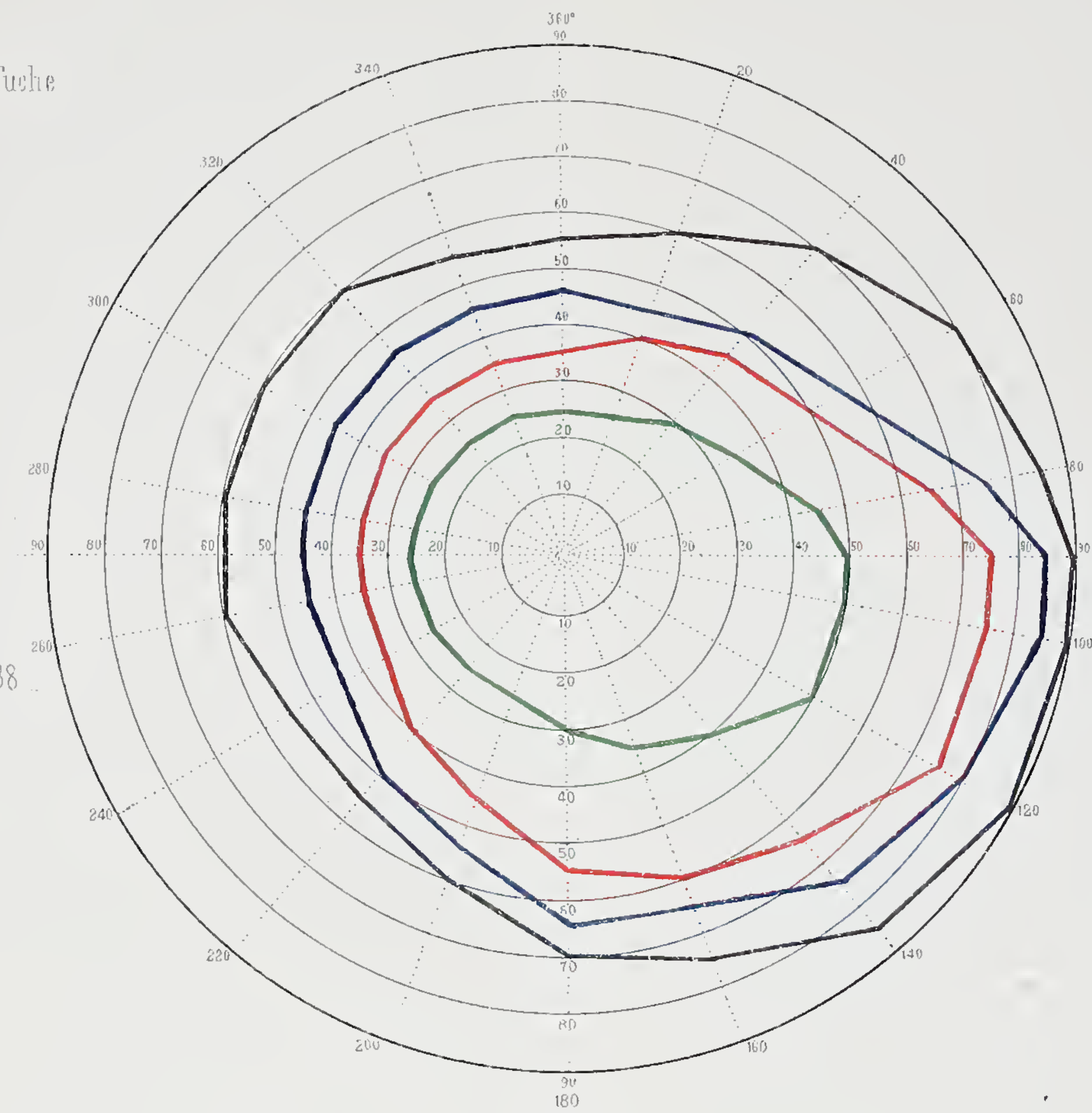


H = 15/15
Objectgrösse = 15mm d
Objectmaterial: Marxsche Tuche

Name:

Journal No.

Datum:
188 ... 188



cV = 6/2 – 6/6

cFm = 15/15

cL = ±15/15

pL:

Aussengrenzen bei H=0 unverändert.

Farbengrenzen bei H=3/15 um höchstens je 15° eingeschränkt.

Continuität des Gesichtsfeldes bei H=0 unverändert.

MAX HERSCHEL
Lithogr. Kunstinstitut
BONN.

(Schema zur perimetr. Farben-u. Lichtsinnprüfung von Dr. Louis Wolffberg)
(Maximale Aussen- u. Farbengrenzen)